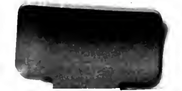


Digitized by Google

B 7
3
117
BIBLIOTECA NAZIONALE
CENTRALE - FIRENZE







Digitized by Google

TRAITÉ

SUR LA

STRUCTURE EXTÉRIEURE DU GLOBE,

OU

INSTITUTIONS GÉOLOGIQUES,

PAR

SCIPION BREISLAK,

Membre de plusieurs Académies.

Trois Volumes avec un Atlas de 56 planches.

TOME PREMIER.

MILAN,

CHEZ JEAN-PIERRE GIEGLER, LIBRAIRE,

1822.

La géologie est devenue depuis quelque temps une des études les plus favoris, puisqu'on a ouvert par le développement de cette science une nouvelle carrière à l'esprit humain, qui doit se plaire dans des recherches curieuses touchantes la structure extérieure du globe que nous habitons. On a vu paroître dans un petit espace de temps plusieurs ouvrages sur la géologie; mais ce ne sont pour la plupart que des dissertations contenantes des recherches partielles, ou l'illustration de quelqu'endroit, ou de quelque fait particulier ou isolé; ce ne sont pas des ouvrages, où l'on puisse voir toute la science elle-même réunie en un seul corps, et la suite de son histoire, de ses progrès, et des observations, qui en forment l'essence.

Un ouvrage, tel qu'on pouvait le souhaiter à ce sujet, a paru à Milan, en 1819, sous le titre *Institutions géologiques* par M'. *Breislak*, membre de l'Institut I. R. des Sciences et des Arts, et de plusieurs sociétés savantes. L'opinion bien prononcée des savants et les jugements des journaux sur le mérite de cette production, la traduction en langue Allemande que vient de faire paroître l'illustre baron de *Strombeck*, ajoutent à la célébrité du savant auteur.

L'ouvrage original de M'. *Breislak* sur la géologie est le plus complet qui existe; c'est un traité

général de cette science qui porte à la connoissance de plusieurs vérités toutes nouvelles; l'auteur y a consacré plusieurs années de travail, afin de refondre et de présenter sur un nouveau plan dans ses *Institutions géologiques* tout ce qu'il y avait de plus intéressant dans ses *Essais minéralogiques sur la solfatara de Pozzuoli*, dans sa *Topographie physique de la Campanie*, dans ses *Voyages physiques et lithologiques de la Campanie*, et dans son *Introduction à la géologie*, de sorte que l'on peut regarder cet ouvrage comme tout-à-fait nouveau, et comme un résumé de tous les différents travaux de cet illustre savant.

C'est par ce motif puissant que j'ai été encouragé à faire l'acquisition de la totalité des exemplaires de cet ouvrage, qui se trouvaient encore entre les mains de l'auteur, et à les mettre en circulation, puisque l'auteur lui-même occupé de ses études, n'était pas dans le cas de sacrifier une partie de son temps à la correspondance et aux autres opérations de la librairie.

On n'a fait qu'un petit changement au frontispice, en réformant le titre de la manière suivante:

Traité sur la structure extérieure du globe, ou institutions géologiques, etc.

Milan, le 24 Avril, 1822.

JEAN-PIERRE GIEGLER, *Libraire.*

Digitized by Google

Préface de l'Auteur.

PLUSIEURS naturalistes de nos jours ont fait de la *Géologie* (science de la terre) et de la *Géognosie* (connoissance de la terre), deux sciences distinctes et séparées, quoique les termes qui servent à les désigner rappellent la même idée. Sans entrer dans une longue discussion sur la différence et les rapports qui existent entr'elles, nous dirons que la géologie, en faisant abstraction de tout ce qui appartient à la géographie physique et mathématique, peut être considérée sous un double aspect,

Google

savoir, comme contenant à la fois l'*exposition* et l'*explication* des phénomènes que présente notre planète depuis sa superficie jusqu'à ces profondeurs au-delà desquelles la curiosité de l'observateur trouve des limites qu'elle ne saurait franchir.

L'*exposition* des phénomènes, qui est la partie historique et descriptive, dérive des observations et constitue la *Géognosie* proprement dite : l'*explication* des mêmes phénomènes qui forme la partie théorique et rationnelle, résulte des raisonnemens et des conjectures, et c'est à celle-ci qu'appartient spécialement le nom de *Géologie.* La présence des corps marins dans des lieux tantôt fort élevés au-dessus du niveau de la mer, tantôt situés à une grande distance de ses rivages, — la distribution régulière de quelques espèces de ces corps marins dans certains terrains, — les dépouilles d'animaux et de plantes dont les types nous sont inconnus, ou appartiennent à

des contrées d'une température très-différente, — les grandes chaînes de montagnes qui rendent la superficie terrestre si inégale, — les profondes vallées qui les coupent dans toute sorte de directions, — le gisement relatif des roches, — leur composition tantôt de substances cristallisées, tantôt de dépôts de sédimens, — la position de leurs couches ici horizontales, là inclinées, ailleurs verticales, — ce sont là tout autant de faits qui dépendent de l'observation. Le géologue qui voudra généraliser quelques-uns de ces phénomènes, pourra bien se tromper, mais il ne sera pas vrai de dire qu'il se livre aux écarts de son imagination, s'il observe avec exactitude, et s'il décrit avec sincérité, les résultats de ses recherches.

Mais lorsqu'après avoir décrit les phénomènes, on voudra remonter à leurs causes, c'est-à-dire, lorsqu'on voudra passer de la *Géognosie* à la *Géologie*, on entrera dans

le vaste champ des conjectures; et peut-être n'y a-t-il point de sujet qui ait donné lieu à un si grand nombre d'hypothèses, que celui où l'on traite de la formation du globe. Voilà pourquoi beaucoup de gens se sont crus autorisés à tourner en ridicule l'étude de la géologie, et à considérer les recherches qu'elle a pour objet, comme des romans ingénieux. Les détracteurs de cette belle science n'ont pas cessé de répéter, et d'interpréter à leur manière, cette assertion échappée au célèbre Cuvier, qu'*on ne peut prononcer le nom de Géologie sans exciter le rire.* Mais cet auteur dans le discours préliminaire de l'ouvrage qui a pour titre, *Des animaux fossiles*, a clairement expliqué le sens de ses paroles, en disant qu'elles se réfèrent à ces personnes prévenues, qui, dans l'étude de la géologie, ne s'attachent qu'aux hypothèses absurdes et aux systèmes imaginaires, et mettent en oubli la longue et intéressante série des

faits certains que cette science nous a fait connoître. Un passage pris du discours précité, prouve d'ailleurs le cas que Cuvier faisait de la géologie : « L'histoire ancienne » du globe, dit-il, terme définitif vers lequel » tendent toutes les recherches, est par elle-» même l'un des objets les plus curieux » qui puissent fixer l'attention des hommes » éclairés. »

Les recherches dont parle Cuvier, sont les observations faites par beaucoup de naturalistes avec un zèle infatigable et à divers points de la superficie terrestre, observations qui constituent la science géognostique ; c'est pourquoi je regarde cette science comme une partie inséparable de la géologie, puisqu'elle lui sert de base et d'appui. En un mot, la géologie sans la géognosie, ne peut être qu'une collection indigeste de fictions romanesques ; et tels étaient les systèmes géologiques avant que les naturalistes s'appliquassent sérieusement

à l'examen de la superficie terrestre. Mais sera-t-il possible de séparer la géognosie, de la géologie, ou pour mieux dire, voudra-t-on se contenter de la simple connoissance des faits, et ne se laissera-t-on pas emporter au désir de découvrir la cause et l'origine de ces faits? C'est en vain qu'on déclame contre les hypothèses; on ne parviendra point à changer la nature de l'homme; et lorsque nous connoissons un fait soit d'après notre propre observation, soit sur le rapport d'autrui, notre esprit est continuellement agité et inquiet jusqu'à ce qu'il ait ou pu concevoir une cause capable d'avoir produit ce fait, cette cause ne fut-elle qu'approximative, ou trouvé un moyen, sinon de satisfaire entièrement, du moins d'appaiser en quelque sorte sa curiosité. La différence qui existe entre l'homme réellement instruit et l'homme superficiel, est que celui-ci regarde comme certain ce que le premier considère seulement comme

Digitized by Google

possible ou tout au plus probable, toujours prompt à changer de sentiment, aussitôt qu'il reconnoît l'incongruité de l'opinion qu'il avait embrassée. Lorsque les conjectures sont fondées sur les principes de la physique; lorsqu'elles ne répugnent ni à des vérités démontrées, ni à des faits certains; et qu'on ne leur accorde pas plus de confiance qu'elles n'en méritent, il me paroît qu'on doit les tolérer parce qu'elles contribuent au progrès des connoissances humaines, et qu'elles nous facilitent les moyens d'arriver à cette certitude qui est le but de nos recherches. Il s'est écoulé peu d'années depuis qu'une hypothèse en apparence des plus singulières, celle imaginée par Olbers de l'explosion d'un corps céleste, a si bien dirigé les observations astronomiques, qu'on a découvert deux planètes, *Junon* et *Vesta*, qui errantes dans l'immensité de l'espace, se déroberaient encore à nos regards.

Il n'y a point de géologue pour si peu instruit qu'on le suppose, qui ne soit persuadé de l'insuffisance de nos hypothèses géologiques : cette insuffisance a pour première cause l'état de la physique et de la chimie, qui ont une étroite corrélation avec la géologie; et plusieurs hypothèses formées lorsque ces deux sciences étaient encore dans leur enfance, ont été abandonnées à mesure que les découvertes se sont multipliées. Leurs progrès ont été sans doute aussi rapides qu'étonnans; mais ont-elles encore reçu tout le développement dont elles sont susceptibles ? Il est impossible de déterminer l'espace qui reste à parcourir soit en physique, soit en chimie : une seule découverte peut causer la ruine de l'hypothèse la plus accréditée, et nous obliger à abandonner les idées sur lesquelles nous l'avions fondée. Les récentes expériences de Davy auxquelles a donné lieu la singulière machine de Volta, présentent une nouvelle

série d'idées qui pourront exercer une grande influence sur la géologie.

La seconde cause de l'insuffisance des hypothèses, est le peu d'étendue que comportent nos observations puisqu'elles ont pour limite naturelle la croûte du globe. Les excavations les plus profondes soit naturelles, soit artificielles, sont des quantités infiniment petites relativement au rayon terrestre : il est donc impossible de connoître avec certitude la structure intérieure de la terre. Toutes les inductions qu'on pourra tirer de l'examen de la superficie, seront toujours sujettes à bien des méprises, à cause des modifications produites par la décomposition: cette superficie, dès les premiers momens de sa formation, a été en effet exposée à l'action de la lumière, de la chaleur, de l'eau, des fluides aériformes, etc. Nous ne devons pas attendre de grands secours, des volcans, quoique ces laboratoires de la nature nous présentent

des substances qui ont été arrachées de lieux souterrains où il ne nous est pas possible de pénétrer. Les altérations causées par l'action du feu, et les nouveaux produits qui peuvent se former dans ces immenses cavernes, ne sont que trop propres à perpétuer notre incertitude sur la nature des parties intérieures du globe.

Enfin nos observations indépendamment qu'elles se bornent à la superficie, sont encore en si petit nombre que nous pouvons à peine nous flatter de connoître une très-petite partie de cette superficie. Nous ignorons si les phénomènes décrits par Pallas, Saussure, Dolomieu, Cordier, Ramond, Humboldt, De Buch, Hausmann et beaucoup d'autres naturalistes voyageurs, sont conformes à ceux qu'on pourrait observer dans d'autres parties du globe qui nous sont inconnues, et qui pendant plusieurs siècles seront peut-être encore inaccessibles aux philosophes les plus courageux. Il est vrai

qu'en combinant les observations faites par un grand nombre de naturalistes dans diverses parties du globe séparées par des distances très-considérables, on aperçoit tant de régularité et d'uniformité dans la construction de ce globe, que les linéamens de quelques extensions peuvent servir de règle pour toute la chaîne des faits: mais il y a lieu de douter si les observations sont multipliées au point qu'elles nous permettent de généraliser les inductions que nous en tirons.

Nous sommes donc encore bien éloignés de l'époque où l'on pourra former un système complet de géologie. Quoiqu'il en soit possesseurs d'un grand nombre de faits que nous avons recueillis, il nous importe de les réunir, de les lier ensemble, de les réduire à ces principes, qui, dans l'état actuel de nos connoissances, nous offrent le plus de probabilité, et de les rattacher à une hypothèse quelconque, pourvu quelle puisse

leur servir de centre d'union. Pourquoi ne nous serait-il pas permis de nous livrer à la douce espérance qu'une hypothèse à l'aide de laquelle on explique tous les phénomènes connus, nous servira aussi à rendre raison de ceux que nous pourrons découvrir un jour? Et si nos vœux se réalisent, ce ne sera plus une hypothèse, ce sera une théorie. Mais si nous voulons obtenir cet heureux résultat, nous ne devons pas perdre courage: nos erreurs mêmes pourront être utiles à ceux qui viendront après nous; et en leur faisant reconnoître le chemin qu'ils doivent abandonner, elles rendront plus facile et plus court celui qui les conduira à la connoissance du vrai. « Si l'homme, » dit La-Place, au commencement du liv. » 2 de l'*Exposition du système du Monde*, » s'était borné à recueillir des faits, les » sciences ne seraient qu'une nomenclature » stérile, et jamais il n'eut connu les grandes » lois de la nature. »

Tous les systèmes géologiques peuvent être réduits à deux principes, savoir, l'eau et le feu. Jusqu'à présent ceux qui ont adopté l'un de ces principes, ont donné à l'autre une exclusion absolue: mais n'y aurait-il pas quelque moyen de les concilier et de les concentrer dans un point, qui, placé entre les deux extrêmes, serait plus rapproché de la vérité? Les difficultés insurmontables auxquelles est sujette l'hypothèse de la fluidité aqueuse primitive, m'ont obligé de recourir au feu, et vu l'état actuel de nos connoissances physiques, j'ai cru reconnoître dans cet agent, un moyen facile pour expliquer tant son origine, que son occultation ou son apparent anéantissement qui produisit le refroidissement du globe et les roches que nous appellons primitives.

On dira peut-être que cette hypothèse est fondée sur un principe aussi incertain que celui de l'existence du calorique. Je ne dissimulerai pas la force de cette objection;

mais qu'on m'accorde l'existence du calorique et j'ose m'engager à expliquer plusieurs phénomènes, dont il est bien difficile de rendre raison dans toute autre supposition. Que si le calorique n'existe pas, s'il n'est qu'une modification de la matière, je conviens que tout mon édifice va s'écrouler, et avec lui une grande partie de la nouvelle chimie. Pourquoi donc voudrait-on me refuser l'usage d'un principe dont les chimistes modernes font une application si fréquente et si heureuse? Il est temps sans doute que ce principe commence à figurer dans la géologie. Si l'existence du calorique était démontrée rigoureusement, je ne me bornerais pas à dire que je propose des conjectures; je dirais tout simplement que j'ai fait une théorie, et je suivrais l'exemple de ceux qui ont tenu le même langage, quoiqu'ils aient souvent bâti sur des principes beaucoup plus incertains. Du reste, les raisons sur lesquelles est établie l'existence du calorique

comme substance *suî generis*, sont d'une telle force, qu'elles suffisent pour le rendre très-probable, ainsi que j'aurai occasion de le dire, et j'ai cru devoir partir de l'existence de cette substance, comme du principe le plus conforme à l'état actuel de nos connoissances en physique et en chimie.

Dans l'hypothèse que je propose, il me semble que je trouve la solution de trois grands problèmes; savoir, 1.° quel a pu être le dissolvant général de la matière terrestre? 2.° qu'est devenu ce dissolvant général? 3.° pourquoi n'aperçoit-on jamais d'empreintes de corps organiques dans les roches vraiment primitives? Les phénomènes qu'on observe dans les roches évidemment formées par le feu, telles que les laves que nous voyons sortir des volcans, m'ont suggéré les réponses qu'on peut faire aux difficultés que présente mon hypothèse.

J'ai laissé à l'eau toute son influence sur la formation des roches de *transition* et

Google

secondaires, mais à l'eau animée par cette portion de feu qui ne s'était pas rendue *latente* en entrant dans diverses combinaisons, et par ces principes chimiques qui étaient le produit du développement des gaz et qu'elle avait absorbés. Avec ce système de conciliation (1), j'ai cru pouvoir éviter les difficultés auxquelles sont sujettes l'une et l'autre hypothèse, lorsqu'on les restreint à un seul principe; et persuadé qu'en géologie, les raisonnemens n'ont aucune force s'ils ne sont dirigés par les observations, et confirmés par les expériences, j'ai cherché à établir mes conjectures sur cette double base. Au peu

---

(1) Un semblable projet de coalition du feu et de l'eau avait été formé par un célèbre philosophe dans une question particulière de géologie, en sorte que je n'ai fait qu'adopter et étendre son idee. Voici ce qu'écrit Pictet dans le tome 18 de la *Bibl. brit.*, pag. 86 : « Dans la » querelle des neptuniens et des volcanistes, je me per- » suade aisément que les deux parties ont tort par cela » seul qu'ils veulent s'exclure réciproquement : s'ils se » coalisaient, ils auraient raison les uns et les autres. »

d'observations que j'ai eu occasion de faire moi-même, j'ai joint le grand nombre de celles qu'on trouve dans les ouvrages des géologues les plus instruits; et quant aux expériences, j'ai eu recours aux plus grands laboratoires de la chimie de la nature, qui sont les volcans. Si les expériences doivent servir de guide au philosophe, et si celles qui s'effectuent dans les volcans, sont les plus considérables et les plus importantes que nous puissions recueillir, pourquoi ne nous serait-il pas permis d'en faire l'application, lorsque nous cherchons à rendre raison de beaucoup de phénomènes? Je sais bien que j'écris à une époque où l'on ne veut point entendre parler du feu, et que la prévention suffira pour détourner un grand nombre de personnes, de la lecture de cet ouvrage, et même pour le faire condamner sans examen, comme fondé sur les phénomènes des volcans; mais les faits que j'expose, existent, et il dépend de ces personnes de les vérifier.

Lorsqu'en 1811 je publiai l'*Introduction à la Géologie*, mon principal motif fut de sonder l'opinion des savans sur quelques idées que je méditais depuis long-temps, et que j'avais annoncées avec beaucoup de réserve dans d'autres précédens écrits. Ces idées se référaient en partie à l'influence que le feu ou la matière de la chaleur a pu exercer dans l'état primitif de notre globe; et en partie à quelques principes généralement reçus et qui, bien que consacrés par l'autorité du plus grand nombre, ne me paroissaient pas correspondre aux observations. Je ne citerai qu'un seul de ces principes, celui de l'*infiltration* que plusieurs géologues regardent comme la clef de beaucoup de phénomènes, et qui me semble devoir être restreint à un bien petit nombre de circonstances. Je ne fus point trompé dans mon espoir, et quelques sages critiques dont on m'honora, me firent connoître quelles étaient les idées qui avaient besoin

d'être ou rectifiées ou développées. Je me suis convaincu encore des défauts de la méthode que j'avais suivie. Je n'avais pas assez divisé les objets que j'avais à traiter, et plusieurs de ces objets quelquefois différens entr'eux, se trouvant réunis en un petit nombre de longs chapitres, devaient nécessairement fatiguer l'attention du lecteur. J'ai donc cru devoir faire une nouvelle distribution des matières, et les diviser en chapitres et paragraphes, qui étant beaucoup plus multipliés, offrent au lecteur des points de repos, et lui donnent le temps de réfléchir. En outre, depuis 1811 plusieurs ouvrages géologiques ont été publiés; et même quelques-uns qui parurent un peu avant cette époque, ne parvinrent à ma connoissance que quelque temps après. Si l'attachement qu'on a ordinairement pour ses propres idées, me portait à m'aider des ouvrages qui fournissaient des faits favorables à mes opinions, d'un autre côté, l'intérêt

que préscrit l'amour de la vérité, ne me permettait pas de dissimuler ceux qui présentaient des difficultés contre ces mêmes opinions.

La formation trappéenne qui embrasse toutes les roches basaltiques, est un objet de recherches très-compliquées. Ce protée de la géologie se montre tantôt en société avec des roches très-anciennes, tantôt superposé aux terrains les plus récens, comme sont ceux d'alluvion, et cela, sous des formes et des dénominations très-différentes de trapp, — de basalte, — de vake, — de mandelstein, — de graunstein, etc. J'ai donc pensé que je devais m'étendre un peu sur cet article; et comme les objets présentés aux sens, frappent plus fortement que les paroles, j'ai cru faire un chose agréable aux géologues, en leur présentant une série de dessins d'amas colonnaires basaltiques. Quelques-uns de ces dessins sont pris d'ouvrages déjà connus, tels que ceux de Strange,

de Faujas, de Fortis, etc; mais beaucoup paroissent pour la première fois, et particulièrement ceux de l'Italie méridionale. Je dois ceux-ci au vif interêt que le savant M.r Brocchi, mon collègue et mon ami, a pris à cet ouvrage, ayant eu la complaisance de diriger lui-même le travail du dessinateur; et je me fais un devoir de lui témoigner ma reconnoissance. Peut-être quelques-uns de ces dessins, en présentant quelque circonstance à laquelle on n'avait pas encore fait attention, contribueront-ils à la solution de la question: peut-être encore fairont-ils naître dans l'esprit de quelque géologue, l'idée d'en accroître le recueil, et de multiplier les plans perspectifs des lieux qui présentent la configuration colonnaire prismatique. En comparant les phénomènes qu'on y observe, en examinant les principales circonstances qui les accompagnent, il ne sera pas difficile de donner une explication satisfaisante du problème.

Digitized by Google

Je ne dois pas laisser échapper cette occasion de me justifier du reproche qu'on m'a fait d'avoir censuré avec trop de rigueur quelques doctrines d'une école géologique justement célèbre en Europe. Je ne dissimulerai point que lorsque j'écrivis l'*Introduction à la Géologie*, j'étais un peu choqué du ton libre et décisif qui se fait remarquer dans les écrits de quelques Wernériens d'ailleurs très-instruits; ce qui me frappait d'autant plus que ce ton contrastait ouvertement avec le caractère prudent, modeste et réservé de l'illustre Werner, fondateur de cette école. J'admire les connoissances oryctognostiques et géognostiques des Wernériens; mais pour ce qui regarde leurs idées systématiques et géologiques, je crois qu'il m'est permis de dire franchement ce que j'en pense, sans néanmoins me départir jamais des égards qui sont dus aux auteurs. Avant Werner, toutes les hypothèses qu'on annonçait sous le titre

fastueux de *théorie de la terre*, étaient purement imaginaires. Le seul fait important auquel on semblait attacher quelqu'intérêt, était celui des corps organiques fossiles. Werner en accoutumant ses élèves à examiner la composition des montagnes, la structure et la texture des roches qui les composent, et leur position relative (1), a

(1) Le principe de la superposition des roches a été connu par d'autres naturalistes, qui cependant ne l'ont ni suivi, ni développé, comme l'a fait Werner. Dans le *Journal de physique*, tome 22, an 1783, il y a un Mémoire de Soulavie sur les couches de lave du volcan de Boutaresse, en Auvergne, superposées à des lits de diverses substances. A la page 292 de ce Mémoire, l'auteur s'exprime ainsi : « J'ai toujours eu en vue le principe que toute couche superposée à une autre hétérogène, est plus récente que l'inferieure. Je crois qu'il ne manque que des observations en minéralogie, et qu'il ne faut plus que quelques méditations locales sur la superposition réciproque des granits, des grès, des marbres, des laves, des poudingues, des mines, des jades, des ardoises, des argiles, des pierres blanches calcaires, etc., pour écrire l'histoire ancienne du monde minéral, et pour que cette partie de l'histoire naturelle qu'on considère comme absolument systématique, sans la connoître, soit susceptible d'une sorte de démonstration fondée sur le principe des superpositions. »

fondé les principes de la géognosie inséparable de la bonne géologie. Werner a ouvert une route nouvelle à la vérité épineuse, mais qui doit nous conduire à la connoissance des lois générales qui ont présidé à la structure du globe (1). Les premiers qui ont eu le courage de parcourir cette route, auront pu commettre des erreurs, soit par l'étrange manie de vouloir tout généraliser, soit pour avoir bâti, quoiqu'avec de très-bons matériaux, sur une base peu solide. Peu à peu les équivoques seront

(1) La méthode de Werner a reçu dans ces derniers temps une grande étendue, lorsque les minéralogistes ont reconnu l'importance de bien déterminer les genres et les espèces des corps organiques fossiles qu'on trouve dans les couches de notre globe, et les rapports de position de ces mêmes fossiles avec la nature des terrains qui les renferment. C'est ainsi qu'on a créé une nouvelle branche d'histoire naturelle, la *Paléozologie* ou la *Science d'anciens animaux*, dans laquelle s'est surtout distingué M.r Cuvier. MM.s Léonhard, Kopp, Gaertner, savans auteurs du grand et bel ouvrage imprimé à Francfort en 1817 sous le titre de *Prospectus de la minéralogie*, se sont particulièrement occupés de cette partie.

rectifiées; à des principes vacillans et incertains succéderont des principes aussi surs qu'invariables; et avec les mêmes matériaux on élevera un édifice plus digne de la philosophie, et dont la gloire appartiendra à l'illustre professeur qui fut le premier à nous indiquer la route que nous devions tenir. Mais hélas! il n'existe plus: son nom et ses ouvrages inséparables de la minéralogie et de la géologie vivront à jamais avec honneur dans toutes les parties du globe où ces deux sciences pourront pénétrer. Si dans un événement qui afflige un si grand nombre de personnes, il était permis de parler de soi, je dirais que cette mort m'a été doublement sensible, et parce que je dois participer à la douleur que ressentent tous ceux qui cultivent la géologie, et encore par une considération particulière. M.r Werner m'honorait de sa bienveillance, et peu de mois avant de succomber à sa destinée, il eut la complaisance de me faire

assurer par M.r Configliacchi, professeur à Pavie, qu'il se proposait de venir me voir, et de passer quelques jours avec moi à Milan. Mais j'ai eu le malheur de perdre cet homme respectable dans le moment que je me flattais le plus de resserrer avec lui les liens de l'amitié, de jouir de son intéressante société, et de profiter de ses lumières.

Il me reste à dire quelque chose sur l'édition de cet ouvrage. Mon premier dessein était de faire imprimer le manuscrit italien; mais j'ai ensuite changé de sentiment. En France, on a beaucoup de facilité pour faire traduire les ouvrages scientifiques des étrangers; et vu la généralité de la langue française et l'étendue du commerce en librairie de cette nation, il arrive souvent que les traductions se répandent beaucoup plus que les éditions originales, ce que j'ai éprouvé moi-même à raison de quelques autres écrits. Mais ces traductions ne sont pas toujours exactes. Chaque langue

a une manière particulière de s'exprimer, qui ne peut être appréciée que par ceux à qui cette langue est naturelle ou qui se la sont rendue familière par un long exercice. De là vient qu'un traducteur peut facilement faire des contre-sens. Déterminé par ces motifs, et ayant eu occasion de trouver un Français qui cultive les lettres, et qui a bien voulu entreprendre et suivre ce travail sous mes yeux, je n'ai point balancé à faire faire la traduction de cet ouvrage, traduction que je reconnois en tout conforme à l'original.

Digitized by Google

ERRATA.

Page	lig.	*au lieu de*	*lisez*
12	18	forneaux	fourneaux
25	18	Mont d'or	Mont Dor
71	22	Newton	Hutton
160	19	lépidelite	lepidolite

Digitized by Google

INSTITUTIONS GÉOLOGIQUES.

LIVRE PREMIER.

EXAMEN DE L'HYPOTHÈSE DE LA FLUIDITÉ AQUEUSE DU GLOBE DANS SON ÉTAT PRIMITIF.

CHAPITRE PREMIER.

Il est très-probable que notre planète a été originairement dans un état de fluidité.

§ 1. Le reproche le plus ordinaire qu'on fait aux géologues, c'est de se perdre dans des recherches qui ne peuvent conduire à des connoissances certaines ou même probables ; et parmi ces recherches figure d'abord celle qui a pour objet de découvrir quel fut l'état primitif de notre planète. A peine connoissons-nous une très-petite partie de sa superficie actuelle, et l'on se flatte d'acquérir des lumières assez exactes, assez positives pour juger de sa constitution originaire ? Quelque spécieux que soit ce reproche, nous ne craignons pas d'assurer qu'il est exagéré,

Digitized by Google

puisqu'il y a très-peu de connoissances physiques qui présentent ce degré de probabilité qu'on ne saurait refuser à celle que l'analyse et l'observation nous donnent de l'état et de la forme de la terre lorsqu'elle commença à exister.

§ 2. Les expériences faites sur le mouvement des pendules à diverses latitudes, et les mesures des degrés du méridien prises dans différentes parties du globe démontrent que la figure de notre planète n'est pas parfaitement sphérique; c'est un sphéroïde alongé vers l'équateur et aplati vers les pôles, en sorte que l'axe de l'équateur est plus grand que celui des pôles. La différence de ces deux axes a été évaluée par approximation à 22 milles de 60 au degré (Voy. les tables de Zach imprimées à Florence en 1809). Pour expliquer cette irrégularité de la figure de la terre, Newton supposa que cette planète dût être originairement dans un état de fluidité; ses calculs fondés sur la théorie des forces centrales, et ceux de Clairaut déduits des lois hydrostatiques donnèrent des résultats conformes aux observations. Dès-lors la supposition hypothétique de Newton commença à être considérée comme une thèse, et fut généralement adoptée par les physiciens et les géologues. Ainsi avec Leibnitz, Newton, Buffon et les plus célèbres philosophes, nous pouvons partir de ce principe que notre terre et les autres planètes

prirent la figure qu'elles ont maintenant, lorsqu'étant encore dans un état de fluidité ou de mollesse, le mouvement de rotation fit élever les parties de l'équateur et abaisser celles des pôles, selon la loi de gravité combinée avec la force centrifuge.

§ 3. Sigorne a prétendu démontrer qu'aucune cause physique n'a pu produire cette élévation vers l'équateur et cet abaissement vers les pôles, et que notre globe devait être déjà doué d'une semblable figure, lorsqu'il reçut le mouvement de rotation autour de son axe. Ce physicien se fonde sur cet argument, que si la terre était un solide de révolution, ses deux hémisphères boréal et austral seraient égaux entr'eux, ce qui n'est rien moins que vérifié. Nous pourrions nous contenter de faire observer que cette différence qu'on suppose entre les deux hémisphères, n'est pas non plus absolument démontrée, et que l'imperfection des instrumens dont les astronomes se sont servis pour mesurer les degrés du méridien dans diverses contrées, a dû naturellement donner lieu à quelques doutes: mais dans le cours de cet ouvrage nous aurons occasion de discuter les faits à l'aide desquels il serait facile de rendre raison de cette même différence, si elle existait réellement. Bornons-nous donc pour le moment à dire qu'en vertu de la révolution qu'elle fait autour de son axe, la terre,

si elle était fluide, prendrait à peu près la même figure qu'elle a présentement.

§ 4. Quelques géologues, parmi lesquels on distingue J. A. De Luc, n'admettent la fluidité originaire de la terre que jusqu'à une certaine profondeur (Voy. De Luc, *Lettres sur l'histoire physique de la terre*, adressées au professeur Blumenbach). Cette hypothèse nous paroît invraisemblable ; et nous pensons que la terre lors de sa première formation a dû être fluide dans toute sa masse : car pourquoi la cause qui rendit fluides les parties voisines de la superficie, n'aurait-elle pu exercer son action sur les parties centrales ? Quelle serait la ligne de démarcation qu'on pourrait assigner entre la fluidité et la solidité ? De Luc suppose que la lumière unie à un autre élément forma le feu, et que le feu se combinant avec le principe solide de l'eau, la rendit fluide ; il suppose aussi que le principe solide de l'eau se trouvait placé tout près de la superficie de la masse terrestre : de là il tire cette induction que le feu en se combinant avec le principe solide de l'eau, produisit le fluide aqueux, lequel étant en contact avec les parties voisines de la superficie, ne communiqua qu'à ces parties sa propre fluidité. Certes nous n'avons garde de vouloir assigner des bornes à l'imagination d'un auteur qui invente des hypothèses; il nous paroît néanmoins que les diverses

Digitized by Google

parties d'un édifice devraient s'appuyer réciproquement, et avoir une certaine connexion entr'elles. Dans l'hypothèse de De Luc, la masse terrestre originaire contenait tous les élémens hors la lumière : mais pourquoi l'élément ou le principe solide de l'eau se trouvait-il seul confiné vers la superficie ? Nous avons déjà fait observer que la fluidité primitive du globe est démontrée par sa propre figure, et l'on conçoit que si l'on enlevait de ce globe un grand nombre de couches égales et parallèles, il resterait un noyau qui aurait absolument la même figure, c'est-à-dire un sphéroïde plus petit, mais alongé vers l'équateur et aplati vers les pôles, et dont les deux axes auraient entr'eux la même proportion qui se fait remarquer dans ceux du globe tel qu'il existe maintenant. Ainsi la même raison qui nous porte à admettre la fluidité dans les parties superficielles du globe, ne nous permet pas de refuser cette qualité aux parties internes qui semblent avoir dû participer du même état.

§ 5. Si quelques géologues ont restreint à la superficie de la terre sa fluidité originaire, d'autres ont étendu cette qualité non-seulement à toute la masse terrestre lors de sa première formation, mais ils ont aussi pensé que les parties centrales sont encore à présent dans le même état de fluidité. D'après cette hypothèse,

Digitized by Google

notre planète serait composée d'une matière fluide, recouverte d'une croûte consolidée jusqu'à une certaine profondeur. Dolomieu s'est montré un des plus chauds partisans de cette même hypothèse, parce qu'il a cru qu'elle pouvait servir à rendre raison des tremblemens de terre, des volcans, etc. (Voy. *Journal des Mines*, n.° 41). Nous aurons occasion dans la suite d'examiner la question de savoir si les parties centrales du globe sont encore fluides, et d'exposer les conjectures qu'on peut former à cet égard : il nous suffit pour le présent de partir du principe si non certain, du moins très-probable que notre globe, quand il était encore dans l'état de fluidité ou de mollesse, a pris la forme déterminée par les lois de la statique et des forces centrales.

CHAPITRE II.

Réflexions sur la solution des corps et sur leur fluidité.

§ 6. Lorsque l'eau s'introduit parmi les parties d'une substance susceptible d'être pénétrée, elle l'amollit et la réduit en pâte. La dose de l'eau est-elle augmentée ? Le corps acquiert toutes les qualités du fluide avec lequel il est mêlé. Suppose-t-on un volume d'eau encore plus considérable ? Il pourra arriver que la substance se dissoudra entièrement et cessera d'être perceptible à nos sens. Voilà pourquoi les chimistes voulant distinguer la *dissolution* d'avec le *mélange*, ont pris pour base de leur distinction la transparence du fluide. Ils disent qu'un corps est dissous dans l'eau, lorsque ses molécules sont tellement subtilisées et unies à celles du fluide, que la transparence de ce fluide n'en est plus altérée ; et qu'au contraire il y a *mélange*, lorsque l'eau est sensiblement troublée par la mixtion des molécules de la substance. Remarquons qu'un très-grand nombre de substances sont sujettes à être dissoutes dans l'eau, et que celles qui résistent à l'action de ce fluide, ne peuvent s'y soustraire, lorsque ce même fluide est animé par quelque

autre principe. A la vérité les chimistes ont reconnu quelques substances métalliques [1] presque insolubles dans tous les acides, sans en excepter le nitro-muriatique le plus fort employé à la dose de 3 à 4 cents parties; mais ces substances existent dans la nature en si petite quantité, qu'elles ne semblent pas devoir faire exception à la règle générale que toutes les substances sont plus ou moins solubles dans l'eau par le moyen de quelque dissolvant.

§ 7. Nous pouvons à peu près raisonner de la même manière sur la fluidité du feu. Lorsque le calorique s'introduit en quantité suffisante parmi les parties d'un corps, il détruit la cohésion de ces parties, et s'interposant entr'elles, les éloigne de leur point de contact réciproque. Alors le corps devient fluide, et dans son mouvement obéit aux lois de la fluidité. Si le calorique continue à s'insinuer dans le corps, les molécules déjà séparées s'éloignent de plus en plus, la fluidité va toujours croissant au point que le corps devient spécifiquement plus léger que l'air, se volatilise, prend la forme gazeuse ou vaporeuse, et se dérobe à nos sens. La volatilisation ou l'évaporation peut donc être

(1) Tel serait le métal contenu dans la platine, et qui a été appelé *osmium*, nom dérivé du grec *osmé*, odeur, à cause de la forte odeur que répand son oxide. La chimie doit au célèbre Tennant la découverte de cette substance métallique.

Digitized by Google

considérée comme une entière dissolution d'une substance dans le calorique.

§ 8. Plusieurs physiciens établissent une différence entre l'état de *gaz* et celui de *vapeur*. Ils regardent le premier comme un état permanent dans la température et sous la pression atmosphérique ordinaires : ils considèrent le second comme un état passager et qui ne dure que tout autant que continuent la pression sous laquelle il a été produit, et la température à laquelle le corps doit son *élastification*, pour me servir de l'expression de Pictet, *Bibl. Brit. vol. X.* Cependant si l'on réfléchit bien sur les phénomènes de la chimie, on se convaincra que cette distinction entre les *vapeurs* et les *gaz* est assez inutile, et que la différence apparente de l'état vaporeux d'avec l'état gazeux dépend des divers degrés d'affinité qu'ont avec le calorique les substances vaporisables ou gazificables; d'où il résulte seulement que l'état des premières comparativement à l'état des secondes requiert une moindre quantité de calorique. En faisant abstraction de la pression atmosphérique, nous pouvons donc poser en principe que l'état vaporeux ou gazeux est produit uniquement par le calorique, en sorte que l'eau qui dans notre planète peut se réduire en vapeur, et persévère dans cet état tant que dure la température nécessaire, formerait, par exemple dans mercure, un gaz

élastique permanent. L'oxigène est converti en gaz par le moyen du calorique, exactement de la même manière que l'eau se réduit en vapeur: mais l'affinité de l'eau avec le calorique est, sans contredit, bien moindre que celle de l'oxigène avec le calorique; d'où il suit qu'une moindre dose de calorique suffit pour réduire l'eau en vapeur, tandis qu'il en faut une quantité bien plus considérable pour convertir l'oxigène en gaz. Il est par conséquent beaucoup plus facile d'enlever à la vapeur le calorique qui lui donne la forme élastique, que de réduire le gaz oxigène à l'état de solidité.

§ 9. Il y a dans la nature des substances qui, au moyen d'une assez petite quantité de calorique, prennent la forme du gaz ou de la vapeur, et redeviennent solides à des températures peu froides. Une température qui approche du 60 de Réaumur, suffit pour donner la forme vaporeuse à l'iodine (1), laquelle s'est à peine refroidie au-dessous de ce degré, qu'elle reprend la forme solide sans passer par l'état de fluidité

(1) Substance ainsi appelée de la belle-couleur violette qu'elle présente lorsqu'elle se convertit en vapeur dans des vases de verre fermés. On obtient cette substance en versant l'acide sulfurique sur les eaux mères qui restent après que la soude a été séparée par la lessivation des cendres du varec, c'est à dire des ces plantes marines qui croissent en divers lieux de l'océan, et qu'on trouve principalement sur les côtes de la Normandie.

intermédiaire ainsi que le gaz *clorine* (1) qui, à la température d'environ zéro, devient solide et se cristallise en perdant sa forme gazeuse. En général, les diverses substances solides de la nature, les terres, les métaux (2), les corps les

(1) Terme dérivé du grec *chlôros*, vert, dont Davy c'est servi pour indiquer cette substance de couleur verte-jaunâtre que d'autres auteurs ont appelée *muria* ou *murigène*. Cette même substance était connue en général sous le nom d'acide muriatique-oxigéné, et suivant Davy, c'est un corps jusqu'à présent indécomposé qui se combinant avec l'hydrogène, forme l'acide muriatique dans lequel le principe acidifiant n'est déjà plus l'oxigène, mais bien l'hydrogène. Lorsqu'à l'acide-muriatique on joint l'oxigène, ce qu'on peut faire à l'aide de l'oxide de manganèse, cet oxigène se combine avec l'hydrogène contenu dans l'acide, forme de l'eau et laisse isolée la base de l'acide-muriatique, c'est à dire la *clorine.* Il y a cependant des chimistes qui prétendent avoir trouvé l'oxigène dans l'acide-muriatique-oxigéné, ou dans la clorine de Davy.

(2) L'argent et l'or exposés au feu produit par un miroir ardent jettent une fumée copieuse et qui dure assez long-temps. Comme les corps exposés à cette vapeur prennent la couleur de l'or et de l'argent, ont ne peut pas douter que cette même vapeur ne soit formée de parties métalliques volatilisées. Davy a démontré que le gaz hydrogène dissout quelques métaux, formant avec eux un gaz métallique invisible; et que si ce gas s'enflamme, les substances métalliques sont précipitées en forme de réseau solide sur les parois du vase dans lequel on fait l'expérience. Ce fait pourrait donner quelque lumière sur le phénomène si certain et encore si obscur de la chute de météorolites, quoique, d'après l'opinion de plusieurs physiciens, ces sortes de pierres soient regardées comme des fragmens de planètes.

Digitized by Google

plus durs, le diamant même (1) peuvent être réduits à l'état de vapeur et encore de gaz. La pression atmosphérique peut bien parfois s'opposer à la volatilisation de quelque corps; mais cet obstacle a une limite. Au contraire on ne saurait déterminer le degré de température auquel peut s'élever une substance modifiée par l'action énergique du calorique. Il n'est point de corps qui, par les degrés de calorique convenables, ne puisse passer à l'état de fusion, et même de volatilisation, qui est le dernier degré de la fusion. Telle substance, qui dans son état de pureté résiste aux degrés de chaleur les plus intenses que nous soyons en état de produire, peut être fusible et même volatilisée à un point qui excède les bornes de tout ce que nous connoissons. Plusieurs corps qui résistent à l'action de nos forneaux les plus ardens, cèdent à l'activité d'une flamme animée par le gaz oxigène, et nous savons que quelques-uns de ces corps qu'on regarde comme les plus réfractaires, réduits en très-petits fragmens et fixés à l'extrémité des filamens du disthène, ont fondu dans les mains de Saussure. Davy a aussi vu fondre

(1) Les expériences faites à Florence par Côme III, et qui consistaient à exposer le diamant à l'action des rayons solaires concentrés, démontrent la volatilisation du diamant; et les mêmes expériences répétées par Davy ont confirmé que le diamant en brûlant fournit seulement le gaz acide-carbonique pur.

Digitized by Google

l'alumine la plus pure, et se volatiliser le charbon avec une pile voltaïque de 128 mille pouces carrés de surface. La combustion du gaz hydrogène mêlé avec le gaz oxigène dans la proportion nécessaire pour produire de l'eau démontre qu'il n'y a aucun corps qu'on puisse dire absolument infusible. Enfin il est certain qu'il n'y a point de substance qui ne puisse être altérée par le feu même ordinaire, si elle se trouve mêlée avec d'autres substances : de sorte que nous pouvons réduire la différence qui existe entre la solubilité aqueuse et la fluidité ignée à ceci, savoir, que toutes les substances sont fusibles dans le feu, si elles sont mêlées avec d'autres substances, et que toutes sont solubles dans l'eau, si l'action de ce fluide est secondée par quelque autre principe dissolvant.

Il résulte de ce que nous venons de dire, que le calorique est le principe de toute fluidité, et qu'il y a divers degrés de fluidité aqueuse ou ignée. On peut donc concevoir une échelle, qui du plus petit degré de fluidité comme serait celui d'une substance réduite en pâte, ou d'un métal qui commence à couler, s'étendrait jusqu'à la fluidité vaporeuse ou gazeuse : cette échelle, qui devrait avoir certains rapports avec celle du thermomètre et du baromètre, pourrait représenter toutes les substances fluides de notre planète.

CHAPITRE III.

La matière terrestre a eu cette espèce et ce degré de fluidité qui convenaient à sa cristallisation.

§ 10. Si la figure de la terre nous démontre son état primitif de fluidité, elle ne nous fournit aucune donnée qui puisse nous faire préjuger le degré et l'espèce de cette fluidité. Nous sommes donc contraints de raisonner d'après les conjectures que nous fournissent les observations. Peut-être la terre, les planètes et les autres corps dont se compose notre système solaire, ont-ils été formés par une contraction ou consolidation des fluides aériformes émanés du soleil ou de quelques parties de son atmosphère? Dans cette hypothèse que plusieurs auteurs ont adoptée, et dont nous parlerons dans la suite, la fluidité de la terre aurait été portée au plus haut degré que nous connoissions, et aurait dû dépendre d'une immense quantité de calorique nécessaire pour donner la forme gazeuse à tous les corps terrestres: mais nous ne sommes pas obligés de recourir à un si grand degré de fluidité.

§ 11. Parmi les substances pierreuses qu'on trouve à la superficie du globe, les plus anciennes

de toutes celles que nous connoissons jusqu'à présent sont: les granits, les gneiss, les schistes, les porphyres, le calcaire primitif, etc. La production de ces roches paroit être antérieure à la nature organisée et au développement de la vitalité, vu qu'elles ne contiennent aucunes traces de corps organiques; et d'après les connoissances géologiques que nous avons acquises, ces mêmes roches qui ont été les premières à se consolider, sont comme la charpente du globe et forment les grandes chaînes des montagnes primitives. Si elles alternent quelquefois entr'elles, leur superposition relativement à celles qui appartiennent évidemment à des formations postérieures n'est pas du moins rigoureusement prouvée, puisqu'au contraire elles leur servent de base et d'appui. Il n'est pas inutile de prévenir le lecteur que dans le cours de cet ouvrage nous discuterons les difficultés qu'on pourrait élever contre les principes que nous posons ici.

§ 12. En examinant avec attention les diverses parties des roches dont nous venons de parler, on pourra juger de l'influence qu'a dû originairement exercer sur leur composition et sur leur structure cette modification de la force générale de l'attraction (1) à laquelle on a donné

(1) Nous nous sommes servis du terme *modification* pour indiquer une manière d'agir de l'*attraction* qui diffère de la manière ordinaire. Si le phénomène de la *cristallisation* dépendait

le nom de *cristallisation*, parce qu'elle dispose les molécules des corps sous des formes géométriques régulières, fixes et assujetties à la rigueur du calcul. Pour se convaincre de ce haut degré d'influence, il suffit de jeter un simple coup d'œil sur les parties qui composent les roches primitives. Le granit est essentiellement formé de quartz, de feld-spath et de mica; les autres substances qui s'y trouvent quelquefois et accidentellement, sont: les grenats, les tourmalines, les amphiboles, les disthènes, les topazes, les spaths fluors ou calcaires, le fer sulfureux, l'argent, le cuivre, le plomb, le molibdène, etc. Ces substances ne sont pas toujours cristallisées, mais leurs formes régulières se font remarquer

---

uniquement de l'*attraction générale*, comme celle-ci agit en attirant vers un point les parties d'un corps sur lesquelles elle exerce son action, les cristallisations devraient être sphériques: nous voyons au contraire que dans les cristaux il y a des faces qui présentent des angles et des arêtes, et que les parties de la substance cristallisée, tant celles de la superficie, que celles des plans qui sont parallèles à cette superficie, ne sont pas également distantes d'un point quelconque déterminé dans l'intérieur de la masse cristallisée. Il convient donc de dire que dans le phénomène de la cristallisation des corps, la force de l'*attraction* est modifiée du moins le plus souvent par quelques lois qui varient dans les diverses substances; en sorte que leurs particules prennent quelques positions différentes de celles qu'elles auraient occupées d'après les seules lois de l'attraction. C'est là ce qu'on a voulu donner à entendre par l'expression de *polarité cristallifique* introduite par quelques cristallographes.

Digitized by Google

partout où l'espace qu'elles occupent a été favorable à la cristallisation. Dans les cavités du granit on voit aussi des quartz, des feld-spaths, des micas, des grenats, des tourmalines, des spaths calcaires, fluors, etc. (1), qui offrent à l'œil de l'observateur des formes très-régulières. — Le gneiss est une roche composée des mêmes élémens qui constituent le granit (2), mais autrement disposés, et par conséquent il en diffère par sa contexture en feuilles parallèles, posées les unes sur les autres et séparées par des couches très-minces de paillettes de mica: à mesure que ces paillettes croissent, et que le feld-spath est remplacé par le quartz, la nature du gneiss s'altère, et il passe enfin à l'état de schiste micacé. Dans le gneiss on trouve accidentellement des grenats, des disthènes, des feld-spaths, des granatites et des tourmalines. — Le porphyre est une roche composée d'une pâte dans laquelle sont enveloppées d'autres substances, soit en cristaux, soit en fragmens de

(1) Dans le granit de Bavène j'ai trouvé une grosse masse de spath calcaire rhomboïdal, dont les lames internes présentent une belle couleur nacrée, et une autrefois un beau groupe de cristaux de spath fluors violet avec du quartz, de la chlorite e de la laumonite, dont je fis hommage à mon ami l'illustre M. Gilet-Laumont, qui a fait connoître cette espèce de fossile.

(2) Le gneiss est composé essentiellement de beaucoup de mica en paillettes et de feld-spath laminaire ou granulaire, mais il y a aussi des gneiss qui contiennent du quartz.

cristaux : ces substances sont en général le feld-spath ou blanc ou verdâtre, souvent le quartz, quelquefois la calcédoine, l'amphibole et le mica. — Le calcaire primitif a une texture plus ou moins granuleuse, et quelquefois lamellaire, l'aspect et le grain cristallins : il contient beaucoup de substances cristallisées, comme les quartz, les micas, les amphiboles, les trémolites, les actinotes, les grenats, l'idocrase, les spinelles, le corindon, les sulfures de fer, de plomb, de cuivre, etc.

§ 13. Ébel dans son *Traité de la structure de la terre dans les alpes* a remarqué que toutes les parties dont se composent les roches de ces montagnes, sont toujours plus ou moins parfaitement cristallisées, et que cette force de cristallisation est tellement dominante dans toutes les roches primitives, qu'elle s'étend encore au petit nombre de roches simples et homogènes, comme la roche calcaire primitive qui blanche et quelquefois dépouillée de substances étrangères, se fait remarquer par ses particules cristallisées, et a un aspect salin dans tous ses fragmens. Le schiste argileux primitif est la seule roche dans la formation de laquelle il semble, suivant M. Ébel (1), qu'une force mécanique a

(1) Comme j'aurai souvent occasion de nommer ce célèbre géologue, je crois devoir prévenir le lecteur que l'ouvrage de M. Ébel écrit en allemand ne m'est connu que par un extrait

beaucoup plus agi qu'une force cristallisante; mais la régularité de ses lames qui quelquefois sont disposées en zig-zag, et constamment pliées sous un même angle, paroît indiquer l'action d'une force analogue à celle de la cristallisation, action qui n'a pu exercer toute son efficacité parce qu'elle a été comprimée soit par une quantité trop considérable de matière, soit par des circonstances particulières.

§ 14. Il est donc vrai que toute l'énergie et toute l'intensité de la force de cristallisation se sont développées dans la formation des roches primitives; et cette singulière opération de la nature qui communique aux produits du règne fossile une espèce d'organisation mystérieuse, et dont l'influence a été encore appliquée par quelques physiciens, comme Fontana et La Métherie, à la génération des animaux, a eu lieu principalement à la première époque de la consolidation de la terre. La Métherie a tellement étendu les effets de la cristallisation lors de la formation du globe terrestre, qu'il a considéré les montagnes comme tout autant de cristaux de masse colossale. Cette idée qui relativement aux montagnes pourrait paroître exagérée, n'est certainement pas privée de vraisemblance toutes

fort détaillé, qui a été fait par une personne très-intelligente, et qu'on a inséré dans les n.° 17, 18, 19 et 20 du Journal bibliographique de Milan.

les fois qu'elle se réfère aux parties de ces montagnes, ainsi que nous aurons occasion de le remarquer ailleurs ; et il nous semble assez raisonnable de regader les montagnes primitives comme autant d'énormes groupes de cristaux. Cependant comme la configuration presque constante en forme de chaînes longitudinales, qu'on observe dans les montagnes, n'a pas un parfait rapport avec la distribution irrégulière des cristallisations, voulant retenir cette idée que nous croyons juste en quelques points, il nous a paru nécessaire de la modifier par l'action d'une cause capable d'avoir donné à ces cristallisations la disposition qui s'y fait remarquer. Mais laissant de côté la cristallisation des grandes masses du globe, on ne saurait révoquer en doute celle des parties dont se composent les roches primitives.

§ 15. Comme il n'y a point de raison qui puisse nous porter à croire que les forces générales de la nature soient sujettes à des variations, puisque les mêmes circonstances étant données, on voit toujours se réproduire les mêmes effets, il nous importera de rechercher la cause qui, à l'époque de la première consolidation de la terre, a pu donner à la force de cristallisation une activité plus intense que celle qu'elle a manifestée aux périodes postérieures. Lorsque nous traiterons de la formation des diverses roches, nous examinerons cette question, et nous proposerons

Digitized by Google

les conjectures qui nous paroîtront les plus vraisemblables. Contentons-nous pour le présent de poser en fait que dans la formation des roches primitives la force cristallisante a produit un plus grand effet, et par conséquent s'est montrée plus efficace et plus intense, parce que la matière était alors dans un état qui la rendait plus propre à recevoir l'impression de cette force, et se trouvait, pour ainsi dire, plus susceptible de cristallisation. Nous pouvons donc conclure qu'à l'époque de la consolidation de notre planète la matière terrestre avait ce degré de fluidité que requiert la cristallisation. C'est là le point dont nous devons partir, si nous ne voulons point nous perdre dans des hypothèses purement imaginaires, si nous voulons que nos conjectures portent sur une base solide. Ainsi dans notre recherche désirant de nous éloigner autant que possible de tout ce qui est hypothétique, nous fairons abstraction pour le moment de la question de savoir si cette fluidité était aqueuse ou ignée?

CHAPITRE IV.

Conditions nécessaires pour la cristallisation, et différences observées entre la cristallisation aqueuse et la cristallisation ignée.

§ 16. Les conditions nécessaires pour une cristallisation quelconque sont: une très-grande mobilité dans les molécules qui doivent s'unir. — Le moyen pour les faire joindre dans leur réciproque sphère d'activité. — Le temps et l'espace pour se placer dans cette situation qui convient à leur forme, situation déterminée par leur nature ou leur polarité. — On peut obtenir la première de ces conditions, c'est-à-dire la mobilité des molécules par des moyens mécaniques, comme serait la trituration, ou par des moyens chimiques tels que la dissolution soit aqueuse, soit ignée, la précipitation et la décomposition. — Les moyens les plus propres pour placer les molécules dans leur réciproque sphère d'attraction sont ceux qui constituent ce qu'on appelle le *véhicule*, moyen sans lequel les particules le plus favorablement disposées à la cristallisation ou resteraient dans un état d'immobilité, enchaînées et retenues par d'autres

substances, ou confusément entassées ne prendraient aucune figure régulière. Le *véhicule* dont la nature se sert le plus communément est l'eau, et toutes les fois qu'il y a concours des autres circonstances, c'est-à-dire de l'espace et du temps, c'est dans le sein de ce fluide que se forment les cristallisations. — Le même effet est encore produit par le feu qui peut tellement désunir les parties d'un agrégat, et les mettre dans un tel état de liberté, que rien ne puisse les empêcher d'obéir à l'impulsion de leur polarité cristallifique. Dans les cavités de ces torrens de lave qui s'échappent des entrailles des volcans, on rencontre parfois régulièrement cristallisées les mêmes substances que contient la lave, savoir le mica, l'amphigène, le pyroxène, etc.; et quand ces cristallisations sont adhérentes par un seul côté aux parois des cavités, et restent libres et isolées dans tous les autres sens, il est très-vraisemblable qu'elles se sont formées dans ces mêmes cavités, et qu'elles ne sont pas le produit d'une plus ancienne cristallisation qui aurait été enveloppée par la lave. Cependant entre les cristallisations qui se forment par le moyen du feu, et celles qui sont l'effet de l'action de l'eau, il est quelques différences qui méritent un examen particulier.

§ 17. La première différence est que pour obtenir des cristallisations régulières dans l'eau, il est nécessaire que ce fluide soit dans un parfait

Digitized by Google

repos, parce que le moindre mouvement produit une déviation et change la direction donnée par la polarité cristallifique à laquelle la matière doit uniquement obéir. Si une lessive saline évaporée au point de devoir se cristalliser est agitée pendant qu'elle se refroidit, au lieu de donner un sel régulièrement cristallisé; elle ne produira qu'une substance saline en poudre ou tout au plus une masse granuleuse. C'est sur ce principe qu'est fondée la méthode actuelle de raffiner le nitre (1). Au contraire quoique le calorique libre à cause de sa nature incoercible soit dans un mouvement continuel, cette circonstance n'empêche pas qu'on ne puisse obtenir des cristallisations régulières comme le démontrent les cristaux d'*olivine*

(1) La manière commune de raffiner le nitre brut est de le faire cristalliser par deux fois. De là dérivent les dénominations de nitre de *seconde* et de *troisième* cuite, entendant par nitre de *première* cuite le nitre brut. Mais les chimistes modernes ont introduit la méthode des lavages froids, laquelle a été adoptée dans beaucoup de fabriques. Le nitre brut se dissout dans l'eau bouillante; on enlève les écumes, et l'on purifie le fluide par quelqu'un des procédés qui sont en usage. Puis au lieu de le faire cristalliser pour former le nitre de seconde cuite, on le verse dans un grand réservoir doublé de cuivre ou de plomb, et l'on l'agite continuellement avec des râteaux de bois. Pendant que le fluide se refroidit, le nitre se précipite en forme de sel; on met ce sel dans de grandes caisses de bois carrées et construites à cet effet: après que l'eau mère s'est égouttée par les trous pratiqués vers le fond des caisses, on verse par-dessus une certaine quantité d'eau qui emporte avec elle le sel marin également soluble dans l'eau chaude et dans l'eau froide.

(ou de pyroxène ?) observés et décrits par Thompson ; et qui fûrent trouvés sublimés sur les parois d'une campanille enveloppée par la lave du Vésuve de 1794 ; les belles cristallisations de muriate de soude, de muriate d'ammoniaque et d'arsenic sulfureux rouge produits par quelques volcans qui conservent encore en tout ou en partie leur activité ; et ces cristallisations régulières qu'on trouve dans les crevasses et les parties supérieures des fourneaux de fusion. Nous pouvons ajouter les cristallisations de fer spéculaire que Spallanzani et Fleuriau de Bellevue ont observées dans les fentes d'une lave du volcan de Stromboli (1) ; celles que Dolomieu a remarquées sur les laves d'*Jaci reale* en Sicile, et Faujas sur les laves de Volvie en Auvergne : enfin les cristaux de fer spéculaire du Puy de Dôme et du Mont d'or, et les cristaux octaèdres réguliers de soufre qui se forment journellement dans les fentes du Vésuve, de l'Etna, de la Solfatara et des autres volcans.

§ 18. La seconde différence est que pour obtenir des cristallisations par le moyen de l'eau, il faut nécessairement un très-grand degré de fluidité. Le mélange de cette seule quantité d'eau qui est nécessaire pour rendre liquides les parties

(1) Les cristaux de fer spéculaire de Stromboli sont très-beaux à cause de leur éclat et de leur grandeur ; il y en a qui ont plus de 4 pouces de longueur sur trois et demi de largeur.

d'un corps et leur donner de la mobilité, ne paroît pas suffire à leur cristallisation, comme nous tacherons de le démontrer dans la suite. L'opinion générale des physiciens était jadis qu'une cristallisation aqueuse ne pouvait s'opérer que par une solution préalable. Dolomieu, qui est d'un avis contraire, soutient dans une lettre à M. Pictet (Voy. *Journal des Mines*, n.° 22), qu'il suffit que les particules de la matière soient réduites à leur moindre volume, qu'elles soient séparées, et que dans cet état de séparation elles restent pendant quelque temps comme suspendues dans le fluide. Cet auteur donne encore plus d'étendue à son opinion, prétendant que la dissolution (1) préalable, loin de servir, pourrait

(1) Plusieurs chimistes distinguent la *solution* d'avec la *dissolution*. D'après leur opinion, la solution a lieu lorsqu'on obtient une simple séparation des parties; la dissolution au contraire s'opère toutes les fois qu'il y a décomposition et jeu d'affinité. En faisant dissoudre le muriate de soude dans l'eau, on aurait un exemple de la solution, parce que chaque particule du muriate de soude conserve sa nature; seulement les particules aqueuses s'interposant entre celles de la substance mise en solution, en détruisent l'agrégation. Au contraire si l'on met le carbonate de soude dans l'acide-muriatique affoibli, on aura un exemple de la dissolution, parce que l'affinité qui existe entre la soude et l'acide fait succéder une nouvelle combinaison qui change la nature de l'une et l'autre substance. Mais Klaproth a rejeté avec juste raison cette distinction, parce qu'il est certain que tant la solution que la dissolution sont des effets produits par l'action des forces chimiques.

au contraire faire obstacle à la cristallisation d'une substance qui aurait une constitution physique particulière, puisqu'elle changerait la manière d'être de cette substance : en effet, un corps quelconque soumis à l'action d'un dissolvant change de manière d'être, puisqu'il forme un nouvel agrégat qui se compose, et de la substance qui le constituait tel, s'il était un être simple, et en outre d'une portion du dissolvant. Un menstrue qui attaquerait ou l'or ou la pierre calcaire, ne pourrait point servir à la cristallisation de l'un ou de l'autre, parce que ces substances en se combinant avec ce menstrue, changeraient de nature si leur solution n'était pas immédiatement suivie d'une précipitation qui les rendrait à leur premier état. Dans ce cas on aurait seulement une division de leurs parties, et la dissolution pourrait être regardée comme une cause occasionnelle éloignée de l'agrégation régulière que pourrait prendre l'or ou le calcaire après l'opération.

Smithson et Grégoire Wat ont embrassé l'opinion de Dolomieu et prétendu que la solution, loin d'être un préalable essentiel à la cristallisation, est toujours un obstacle au principe de cette cristallisation, parce qu'elle met en conflit l'adhésion du dissolvant avec la cohésion des molécules solidifiables : de là, suivant ces auteurs, il suffit que la suspension mécanique

ait lieu dans un fluide d'une telle densité et d'une telle viscosité, que la force de la cristallisation ou la polarité cristallifique puisse balancer l'influence de la gravité (1). Il est donc nécessaire que dans les cristallisations qu'on obtient par le moyen de l'eau, la matière soit ou dissoute dans le fluide ou tellement subtilisée et ayant un si foible rapport avec la masse de l'eau, que malgré l'action de sa propre gravité elle reste suspendue dans le fluide, et nous dirions presque en équilibre, tout le temps qui sera nécessaire pour que la polarité cristallifique puisse exercer son influence. Il paroît en outre qu'on ne doit pas beaucoup compter sur la viscosité de l'eau, puisque ce fluide est un des moins visqueux.

§ 19. Au contraire lorsque la cristallisation s'opère par le moyen du feu, elle n'exige pas un très-grand degré de fluidité. Il suffit que la chaleur soit capable de détruire la force d'agrégation des parties de la matière et leur réciproque union, et qu'elle se sépare lentement des parties

(1) Il est facile de comprendre qu'ici on considère seulement les cristallisations véritables et régulières, et non point ces figures quelquefois régulières que prennent les substances terreuses dans l'état de mollesse ou en se moulant dans des espaces de figures régulières, abandonnés par de vrais cristaux qui se sont décomposés, ou par quelque circonstance accidentelle de retraite. A de tels cristaux modelés on peut rapporter la stéatite cristallisée (talc pseudomorphique) de Bareith, quelques quartz cubiques, la marne octaèdre des environs de Paris, etc.

ainsi désunies à fin qu'elles puissent se réunir régulièrement en cédant à l'impulsion de leur polarité cristallifique. Qu'on fasse fondre un métal dans un creuset, puisqu'on retire le creuset du feu, et lorsque la superficie du métal fondu commencera à se consolider, qu'on en fasse écouler une partie par le moyen d'un trou qu'on aura pratiqué exprès dans le fond du creuset : le tout étant entièrement refroidi, on trouvera une masse métallique dont les parois intérieures seront tapissées de cristaux, qui, si l'on a fait l'expérience avec certains métaux, comme par exemple avec le bismuth, auront des formes très-régulières. Ce sont là les géodes métalliques de Monge. Pour fondre l'amiante, il faut un feu très-vif; mais lorsqu'il est entièrement fondu, si on cesse d'activer le feu, l'amiante se réduit en une espèce de scorie dense, bien affaissée au fond du creuset, et dont la couleur est grise tirant sur le jaune, et blanche dans les endroits par lesquels la matière fondue était en contact avec le creuset qui s'en trouve pénétré et quelque fois même corrodé. La superficie de cette matière ressemble à un réseau composé de fils cristallisés qui se croisent dans tous le sens. Quelques-uns sont disposés en gerbes ou en éventails, on en voit d'autres qui sont épars dans l'intérieur de la scorie : observés à la loupe, ils paroissent parfaitement transparens, d'une figure prismatique

Digitized by Google

quadrangulaire avec les angles bien tranchans et des faces planes bien dressées et très-brillantes. Si au lieu de suspendre l'action du feu, on l'entretient et on l'augmente, alors la scorie se change en un verre vert qui ne tarde pas à corroder le creuset, le perce et s'échappe sans laisser aucune trace de cristallisation (Voy. Saussure, *Voyage dans les alpes*, § 119). Il n'est personne qui ne connoisse la cristallisation rayonnée de l'antimoine fondu. Nous observerons enfin que dans ces masses de verre qui restent au fond des pots des verreries, nous avons vu plusieurs fois se former des cristaux blancs prismatiques quadrilatéraux. De tous ces faits on doit conclure que par le moyen du feu on peut obtenir des cristallisations de substances qui ont à peine eu ce degré de fluidité qui est nécessaire pour détruire la force d'agrégation.

D'après ces notions préliminaires qui n'ont rien d'hypothétique, et contre lesquelles on ne saurait élever le moindre doute, il convient de rechercher quelle espèce de fluidité a pu convenir à notre globe. Nous ne nous flattons pas que le résultat de cet examen puisse avoir ce degré de certitude qu'il serait difficile de refuser aux faits que nous venons d'exposer; mais lorsque dans l'investigation de ces vérités que la nature semble avoir voulu dérober à nos yeux, on part de principes sûrs, et qu'on ne dévie point dans

la manière d'en faire l'application, il est naturel de penser que les inductions que nous en tirons participent du caractère de ces mêmes principes. Du reste, quand on ne peut pas espérer d'atteindre à une entière certitude, ce qui arrive souvent en physique, on doit alors se contenter de la probabilité; mais comme la probabilité a ses degrés, le physicien doit s'attacher de préférence à l'opinion qui réunit un plus grand nombre de ces degrés.

Digitized by Google

CHAPITRE V.

Il n'est pas probable que la matière terrestre ait été dissoute dans l'eau par le moyen de quelque dissolvant.

§ 20. Jusqu'aux temps d'Avicenne, les substances dont se compose notre planète ont été réduites à quatre grandes classes, savoir les sels, les pierres, les métaux et les combustibles. Cette distribution, qu'on doit considérer comme une idée des plus heureuses qu'on pouvait concevoir dans le 11.e siècle, ne fut-elle pas la plus exacte, est certainement la plus commode : aussi a-t-elle été adoptée par Linné, Cronstedt, Wallerius, Bergman, Werner, etc. Si la doctrine de Davy était confirmée et pouvait s'étendre à toutes les terres, les quatre classes dont nous venons de parler se réduiraient à deux, dont une embrasserait les substances oxigénées ; l'autre comprendrait les substances oxigénables. Dans la première figureraient les sels et les terres, et dans la seconde les métaux et les combustibles. Il est possible que tous les corps qui appartiennent actuellement à ces classes, n'existaient pas à l'époque de la première consolidation du globe, et que quelques-uns de ces corps doivent leur

existence à des combinaisons qui ont eu lieu à des époques postérieures : il est toutefois si non certain, du moins très-probable que toutes les matières solides qui existaient dans la première période, devaient appartenir à quelqu'une des classes ci-dessus mentionnées.

Nous avons dit dans le chapitre III que la matière terrestre a dû avoir ce degré de fluidité qui était nécessaire pour la cristallisation ; et si nous voulons supposer que cette fluidité fût aqueuse, nous devons nécessairement admettre que la matière avait été dissoute dans l'eau ou du moins mêlée avec une si grande quantité de ce fluide, que ses parties retenues par la viscosité quoique très-peu considérable de ce même fluide, restèrent en équilibre et comme suspendues tout le temps nécessaire pour pouvoir se cristalliser. Commençons par examiner la première hypothèse, c'est-à-dire, celle de la solution.

§ 21. Les matières terrestres sont-elles solubles dans l'eau ? A l'exception des substances salines, toutes les autres, si l'on les suppose dans leur état de pureté, ne sont nullement solubles dans ce fluide ou du moins ne le sont que très-peu. Dès-lors nous sommes contraints de recourir à l'action des dissolvans. On a observé que dans les roches primitives la silice se trouve en assez grande quantité ; c'est une terre qui n'a d'ailleurs aucun

degré sensible de solubilité dans l'eau (1). Cependant comme cette même terre est soluble dans l'acide fluorique, si l'on pouvait supposer qu'un pareil dissolvant existait en assez grande quantité à la première époque de la consolidation de notre globe, il serait aisé d'expliquer avec Razumowski la solution de la silice dans l'eau, et comment la précipitation et la cristallisation de ses parties eurent lieu, lorsque l'acide fluorique se combinant avec les autres substances, se sépara du fluide aqueux. Mais dans les roches qui appartiennent au premier âge de notre globe, les combinaisons de cet acide sont si peu fréquentes, qu'il n'est point de raison qui puisse nous faire conjecturer l'existence d'une quantité de ce même acide, proportionnée à l'effet qu'on voudrait lui faire produire, et qu'il importe de vérifier. Dans les granits des alpes, on trouve quelquefois la chaux fluatée. La variété octaèdre, couleur de rose, se rencontre dans les environs du Mont Blanc et dans la vallée d'Urséren près du S. Gothard. J'en ai vu moi-même dans les granits de Bavène (Voy. § 12), et de couleur verte et violette dans les granits de Valgana, contrée située au pied des alpes. Brongniart

(1) L'eau du Geyser, quoique douée d'un degré de chaleur d'environ 80 de Réaumur et mêlée de soude, ne contient la silice, d'après l'analyse de Black, qu'en très-petite dose qui varie du $\frac{1}{500}$ au $\frac{1}{1000}$ de son poids.

parle de la variété violette qui se fait remarquer dans le granit de la Sibérie orientale, et sur l'autorité de Daudrada il fait mention des schistes micacés riches en spaths fluors qu'on voit dans la Suède. Mais malgré tous ces exemples et bien d'autres qu'on pourrait rapporter, il est certain que les combinaisons de l'acide fluorique n'ont eu ordinairement que très-peu de part à la composition des roches primitives. Tout ce qu'on en peut déduire, c'est que les couches de chaux fluatée se rencontrent plus communément dans les montagnes primitives. Nous disons *plus communément*, parce que dans le Derbyshire le spath fluors forme des filons qui traversent une montagne de pierre calcaire coquillière, et que dans les environs de Paris on a trouvé le même spath fluors dans un terrain coquillier. Il paroît donc que lorsque la matière terrestre se cristallisa, il n'existait point dans les roches primitives une assez grande dose d'acide fluorique pour pouvoir suffire à tenir en dissolution cette énorme quantité de silice qui entra dans la composition des granits et des autres roches primitives. Mais cette terre silicéuse n'est encore elle-même qu'une partie des substances dont se composent les roches primitives de notre globe : combien d'autres terres de diverse nature n'ont-elles pas été incorporées dans ces masses prodigieuses ? Ajoutons les substances

Digitized by Google

combustibles et métalliques avec leurs innombrables combinaisons. Pour prétendre que l'eau ait été capable de tenir en dissolution toutes ces substances, il faudrait reconnoître dans ce fluide une vertu qu'il n'a certainement pas aujourd'hui; il faudrait faire une hypothèse non-seulement gratuite, mais qui répugne à tous les faits qu'on regarde comme constans en chimie, et imaginer un dissolvant capable d'agir sur toutes les espèces de substances.

§ 22. Romé de l'Isle admettant le principe communément reçu de son temps qu'il n'y a point de cristallisation sans préalable solution, et reconnoissant que les substances dont se compose le globe sont pour la plupart insolubles dans l'eau, conclud que la nature dut se servir d'un dissolvant qui nous est inconnu. Mais qui ne voit combien une pareille manière de raisonner est défectueuse, puisque l'auteur suppose comme certain ce qui est en question? Avant de chercher quel fut le dissolvant général de la matière, ne convenait-il pas de vérifier si cette matière a été réellement dissoute dans l'eau? Car lorsque l'existence d'un phénomène est encore incertaine, à quoi sert-il d'examiner de quelle manière ce phénomène a pu s'opérer? On part du principe que la matière terrestre était dissoute dans l'eau; mais par quels argumens démontre-t-on la vérité de ce principe qui n'est qu'une simple

hypothèse ; et les graves difficultés qu'on rencontre quand on veut se faire une idée d'une semblable dissolution de la matière, et rechercher comment elle a pu s'effectuer, ne suffisent-elles pas pour faire naître les doutes les mieux fondés? Le seul principe certain que nous puissions invoquer, est que la masse du globe devait avoir cette fluidité qui est nécessaire pour la cristallisation. Mais l'eau n'est pas le seul agent auquel nous puissions attribuer la faculté de rendre la matière fluide : le feu possède encore cette faculté, et à un degré bien plus éminent, puisqu'il est la cause première de la fluidité de tous les corps et de celle de l'eau même. Le philosophe ne doit raisonner que d'après les connoissances certaines qu'il a pu acquérir, et s'il est quelquefois obligé de recourir à des causes qui se dérobent à ses yeux, il convient du moins qu'il soumette à l'examen le plus rigoureux les principes dont il est parti, et qu'il s'assure surtout de la vérité des faits qu'il suppose.

Google

CHAPITRE VI.

Examen de l'opinion de Dolomieu et de celle de De Luc sur le même sujet.

§ 23. Dolomieu a tranché toute difficulté et d'une manière bien plus singulière. Romé de l'Isle avait imaginé un dissolvant inconnu : Dolomieu ne se contente pas d'admettre cette supposition, mais il soutient encore que *sans doute* le dissolvant inconnu s'anéantit au moment de la précipitation générale de la matière terrestre, de manière qu'il n'en reste aucune trace (Voy. *Journal des Mines*, n.° 22). Si les philosophes les plus circonspects trouvent trop forte l'expression *sans doute*, ceux qui font preuve de plus de courage voudront-ils admettre l'idée de l'anéantissement ? Cependant les raisonnemens de ce célèbre naturaliste méritent d'être examinés avec l'attention la plus réfléchie.

§ 24. Après avoir avancé que dans l'ordre actuel des choses la solution n'est pas nécessaire pour la cristallisation (Voy. § 18), Dolomieu en traitant de la première consolidation du globe, croit néanmoins que les matières qui constituent les roches primitives fûrent retenues en dissolution par un dissolvant qui s'anéantit

au moment de la grande précipitation; et il fonde son opinion sur un motif différent de celui adopté par les autres auteurs qui ont suivi la même hypothèse. Voici quel est ce motif: « Quoique » les molécules isolées puissent s'arranger entr'el- » les indépendamment d'un dissolvant, les ma- » tières qui dans les montagnes primitives ont » formé les roches inférieures, par leur position » primordiale à toutes les autres, n'auraient pas » pu prendre cet état de cristallisation confuse » qui les caractérise, si un dissolvant, au mo- » ment de leur formation, ne les avait pas dé- » livrées du poids de toutes les matières qui se » sont placées postérieurement sur elles. Elles » seraient restées à jamais immobiles sous le » poids qu'elles auraient porté, si par une voie » quelconque toutes les matières supérieures » n'avaient pas été suspendues de manière à » empêcher les effets de leur gravitation. Il a » fallu nécessairement une précipitation lente et » successive pour que les molécules aient pu se » disposer de la manière dont on les voit dans » les granits, dans les marbres salins et dans » toutes les roches du même genre, avant qu'elles » fussent accablées sous la charge des couches » supérieures. »

§ 25. Dolomieu conçoit donc toutes les substances pierreuses du globe tenues en dissolution dans l'eau par le moyen d'un dissolvant; il

Digitized by Google

suppose aussi qu'il se fit diverses précipitations qui produisirent les différentes espèces de roches, et que pendant que la première précipitation s'effectuait par suite de l'anéantissement du dissolvant qui donnait à l'eau la force de tenir ces matières en dissolution, les autres substances restèrent dans un état de suspension et de dissolution. Il suppose enfin que la précipitation d'une même roche, comme par exemple du granit, s'opéra d'une manière lente et successive. Par la raison que la précipitation de la matière dissoute fut, suivant cet auteur, l'effet de l'anéantissement du dissolvant qui la tenait comme suspendue dans le fluide aqueux, il faudra nécessairement admettre que cet anéantissement fut pareillement lent et successif. Nous devrons en outre imaginer l'existence d'autres dissolvans capables de tenir en dissolution les roches qui furent formées par des précipitations postérieures, et encore leur anéantissement au moment de ces mêmes précipitations. Enfin comme on distingue diverses espèces de roches primitives, on ne pourra pas se dispenser de supposer tout autant de dissolvans inconnus et anéantis aux diverses époques des précipitations qui se sont opérées. Voilà une longue série de suppositions hypothétiques qui nous paroissent dénuées de toute vraisemblance. En effet, concevons une contrée montueuse dans le fond de laquelle git une

roche primitive, comme, par exemple, un granit; à ce granit superposons un gneiss, et au gneiss le porphyre ou la serpentine. D'après l'hypothèse de Dolomieu, ces substances étaient tenues en dissolution dans le fluide aqueux par le moyen d'un dissolvant : lorsque le dissolvant qui tenait en dissolution le granit vint à s'anéantir, les parties granitiques se rapprochèrent, et se cristallisant, se précipitèrent. Cependant les autres substances restèrent dissoutes dans l'eau, et ne se précipitèrent qu'à une époque postérieure, c'est-à-dire, lors de l'anéantissement de leurs dissolvans respectifs. Mais si les diverses roches primitives ne sont pas régulièrement superposées les unes aux autres, si au contraire elles alternent quelquefois entr'elles, nous nous trouverons dans un étrange embarras, et nous serons obligés de recourir à une nouvelle supposition, c'est-à-dire, à des anéantissemens partiels du même dissolvant. C'est ainsi que plus nous compliquons nos raisonnemens pour étayer une hypothèse gratuitement admise, plus nous nous écartons de la simplicité des voies de la nature.

§ 26. De Luc dans ses lettres à Blumenbach, pag. 120, s'exprime ainsi : « Dans l'état actuel » des choses sur notre globe, on chercherait en- » vain un menstrue dans lequel nos substances » minérales auraient été une fois dissoutes, puis- » que dans l'origine il n'existait que de simples

» élémens, et que maintenant nous ne voyons » que des composés, à l'exception de la lumière » et de l'eau les seules substances simples ob- » servables par nous. » Avec de tels raisonnemens il est bien facile de trancher les difficultés, mais non pas de les résoudre. Il n'y a point de motif qui nous porte à croire que le principe dissolvant dont parle De Luc, fut plutôt une substance élémentaire qu'une substance composée: mais dans l'un ou l'autre cas, il semble très-probable qu'on en devrait trouver quelque vestige. Suivant De Luc, la lumière et l'eau se sont conservées dans la nature; comment se fait-il donc que nous ne puissions plus reconnoître la substance qui communiquait à l'eau la faculté de tenir en dissolution la matière terrestre? Ensuite observons que l'eau n'est rien moins qu'une substance simple, puisqu'il est reconnu au contraire qu'elle est un composé d'oxigène, d'hydrogène et de calorique; et que, d'après l'opinion de De Luc lui-même, c'est un surcomposé résultant d'une base combinée avec le feu, de manière que, suivant les principes posés par cet auteur, dans l'eau fluide il y a la base de l'eau, celle du feu et la lumière (Voy. § 4). A la suite du passage que nous avons rapporté ci-dessus, De Luc ajoute: « Il n'y eut d'abord sur notre globe ni menstrue, » ni dissolvende; il s'y forma un assemblage » confus d'élémens dans un liquide dont l'eau

» était la base; et c'est de ce premier mélange que » se séparèrent successivement toutes les sub» stances. » Les expressions dont se sert ici cet auteur semblent indiquer qu'il abandonne l'idée de la solution, et qu'il penche vers l'hypothèse du fluide cahotique de Kirwan, que nous examinerons bientôt.

§ 27. Pour donner une interprétation plausible aux paroles de De Luc, il faudrait supposer que le dissolvant général qui communiqua à l'eau la faculté de dissoudre toutes les substances terrestres, se combina de quelque manière avec celles de ces substances qui fûrent précipitées: mais un tel dissolvant, quelle que fut sa nature, devait nécessairement être une substance, et se trouver en très-grande quantité dans notre globe, puisqu'il fallait que cette quantité fut proportionnée à celle de la matière qui était tenue en dissolution; et il semble fort étrange que malgré les progrès que nous avons faits en chimie, malgré que nous ayons signalé l'existence de beaucoup de dissolvans qui circulent dans la nature en quantité assez bornée, une substance si copieusement répandue ait échappé jusqu'à présent à nos expériences analytiques.

§ 28. Mais De Luc (*Traité élémentaire de géologie*) nous prévient que toutes nos recherches sur cet objet seraient fort inutiles, parce qu'on ne saurait, dit-il, remonter « par les affinités

» spécifiques conclues de nos expériences, à un
» état de choses qui n'à existé qu'une fois sur
» notre globe, et qui changea successivement
» par les précipitations elles-mêmes. Alors le li-
» quide primordial, par des affinités réciproques
» de tous les ingrédiens entr'eux et avec l'eau,
» contenait toutes les substances qui se trouvent
» maintenant divisées en quatre masses générales,
» nos couches, l'atmosphère, l'eau de la mer
» et l'eau commune. Comment pouvoir recom-
» poser un liquide formé de toutes ces substan-
» ces, tandis que les ingrédiens élémentaires
» dont naissent les affinités, sont maintenant
» épars dans des combinaisons que nous sommes
» loin de bien connoître. » Ces paroles de De Luc semblent nous autoriser à nous former une idée quelconque, fût-elle des plus singulières, de ce fluide primitif qui est l'objet de nos recherches; et lui-même pour soutenir son hypothèse, s'est écarté de cette règle qu'il avait sagement établie à la page 61 du même traité, lorsque parlant de l'état de nos continens dans la première période de leur formation, il dit qu'aussi long-temps « que cet état ne sera pas
» invariablement et incontestablement fixé, il
» n'y aura rien que de vague en géologie. » Et il ajoute que « la seule route de recherches
» sûres à cet égard est l'étude des causes
» actuellement agissantes, et des effets qu'elles

» ont déjà produits. » Or si nous examinons avec attention toutes les causes connues qui peuvent produire la solution et la précipitation des substances terreuses dans un fluide, nous n'en trouverons aucune à l'influence de laquelle nous puissions attribuer l'état primitif du globe.

Il résulte de ce que nous venons de dire, que dans les opinions de De Luc, on remarque cette oscillation et cette confusion d'idées qu'on rencontre dans les écrits de tous les naturalistes qui ont voulu expliquer la consolidation primitive de notre planète par les principes de la dissolution et de la précipitation aqueuses. Lorsque dans un système on part d'une hypothèse qui répugne à tous les principes généralement reçus, et qui sont les bases les plus solides de nos connoissances, il est impossible de faire un pas sans se perdre dans des obscurités énigmatiques, sans tomber dans des contradictions palpables.

§ 29. Supposons que l'eau animée ou par un dissolvant inconnu ou par la nature des principes qu'elle contenait, eût la faculté de tenir en dissolution la matière dont se composent à présent les couches terreuses primitives. Une substance dissoute dans un fluide ne peut s'en séparer par la voie de la précipitation, que dans l'un des deux cas suivans; savoir, ou lorsque la masse du fluide vient à diminuer, ou lorsque le principe quelconque qui par son influence

facilitait la dissolution de la substance, comme serait par exemple le calorique, un acide, se sépare de ce fluide. Cela posé, il est sensible que la première précipitation qui s'est opérée dans le globe, du moins autant que nous pouvons en juger d'après les connoissances que nous avons acquises, a été celle qui a produit les granits. Mais par suite de quelle force impulsive, les divers élémens granitiques se sont-ils séparés du fluide aqueux pour s'unir, pour coopérer à une cristallisation simultanée et commune, et pour former ces couches et ces masses pierreuses? Est-ce la diminution du fluide ou la séparation du menstrue d'avec le fluide, qui a produit un pareil effet? Peut-être ces élémens d'abord séparés et tenus en dissolution dans ce fluide, se sont-ils précipités aussitôt qu'ils ont pu s'unir, et ont-ils ainsi formé les quartz, les feld-spaths, les micas, etc.? Mais encore quelle est la cause qui a déterminé l'union de ces mêmes élémens qui étaient antérieurement séparés? Les molécules dissoutes dans un fluide ne peuvent obéir à la force de la polarité cristallifique, que dans l'une des deux circonstances dont nous avons déjà parlé; savoir, ou lorsque le fluide vient à diminuer, ou lorsqu'il perd sa vertu dissolvante; à moins qu'on n'aime mieux supposer ou que le fluide n'a précisément que le volume nécessaire pour pouvoir retenir pendant

un temps déterminé les particules de la matière suspendues et en équilibre, ou qu'il existe dans ce fluide un autre principe qui contient en soi la cause déterminante des précipitations et des cristallisations. Si l'on réfléchit bien sur une telle hypothèse, on verra que nous ne saurions nous former une idée claire, soit d'une fluide tel qu'on le suppose, soit de la manière dont on veut que se soient opérées les précipitations. Le neptuniste, dit M. Playfair, qui a imaginé un moyen pour dissoudre les matières terrestres dans le fluide aqueux, n'a rempli que la moitié de la tâche qu'il s'est imposée; il lui reste un soin non moins pénible, c'est celui de contraindre ce puissant menstrue à se séparer de la matière qu'il tient en dissolution.

Digitized by Google

CHAPITRE VII.

Réflexions sur la quantité d'eau nécessaire pour la solution aqueuse de la matière terrestre.

§ 30. Franchissons avec courage toutes difficultés ; admettons comme certain ce que nous ne pouvons concevoir, et supposons la matière primitive du globe aussi soluble dans l'eau, que le sel marin ; et qu'après avoir été dissoute dans ce fluide, elle s'en est séparée par l'effet de quelque opération qui nous est inconnue. On peut évaluer la masse des eaux de la mer à 55,091,600 lieues cubiques (la lieue de 2283 toises) (1). Ce nombre est le produit de la profondeur moyenne de la mer qu'on juge être de 4 lieues (2), et de sa surface portée à 13,772,900

(1) Les données qui servent de base à ces calculs, celui qui est relatif à la profondeur de la mer excepté, sont tirées de la *Théorie de la terre* par La Métherie, édition de 1797, tom. 4.

(2) Les physiciens sont fort divisés sur la question de savoir quelle est la profondeur moyenne de la mer. Keil suppose cette profondeur d'un quart de mille ; Kant d'un demi mille géographique ; La Place la calculant non sur des sondes imparfaites et partielles, mais d'après la théorie de Newton sur les marées, démontre qu'une profondeur moindre de quatre lieues ne peut concilier la théorie newtonienne avec les phénomènes (Voy. les *Mémoires de l'Académie de Paris*, *année* 1776). Nous avons suivi l'opinion de La Place, parce que cette opinion ayant pour

lieues carrées. La solidité de la terre étant estimée 1,230,320,000 lieues cubiques, si de cette masse du globe on retranche celle de l'eau, il restera un solide terrestre de 1,175,228,400 lieues cubiques. Or quel immense volume d'eau ne faudrait-il pas pour tenir en dissolution la masse terrestre? Pour pouvoir nous en faire une idée, posons l'hypothèse la plus favorable au système des neptuniens, et supposons un dissolvant capable de rendre toute la matière dont se compose un pareil solide, aussi soluble dans l'eau que peut l'être le muriate de soude. Suivant Kirwan, 2 $\frac{5}{10}$ d'eau dissolvent une partie de sel marin, et suivant Bergman, il en faut 2,82. Mais pour rendre le calcul plus facile et user de moins de rigueur, contentons-nous de deux parties : il s'en suivra que pour dissoudre un solide de 1,175,228,400 lieues cubiques, il faudra une masse d'eau de 2,350,456,800 lieues cubiques. La masse actuelle de l'eau de la mer est de 55,091,600 lieues cubiques, et supposant qu'une masse égale soit en circulation sur le globe et dans l'atmosphère, toute la masse d'eau qui existe dans la nature, ne formerait qu'un

base la théorie générale de la gravitation, peut être regardée comme appartenant à la classe des vérités mathématiques. Par-là, nous nous flattons d'éviter le reproche qui nous a été fait (Voy. *Edimbourg-Revieu*, *septembre* 1816) d'avoir pris pour base de nos calculs dans l'*Introduction à la géologie*, l'évaluation de Keil.

solide aqueux de 110,183,200 lieues cubiques, bien moindre que celui qui serait nécessaire pour obtenir la solution de la matière terrestre, et qu'on a déjà évalué à 2,350,456,800 lieues cubiques.

§ 31. Dans un calcul fait par approximation, et fondé sur des bases qui certainement annoncent de notre part bien plus de générosité que de rigueur, nous n'avons pas cru qu'il fût nécessaire de distinguer le volume du poids; cependant si l'on désirait encore cette précision, il nous serait facile de refaire le calcul avec la donnée suivante: le poids d'une lieue cubique d'eau est de 176,465,031,276,240 livres de 16 onces; et comme on a évalué la masse de l'eau de la mer à 55,091,600 lieues cubiques, son poids sera de 97,338,111,251,963,984 livres. Le poids total du globe est de 9,959,364,000,000,000,000,000,000 livres. Si de ce dernier nombre on distrait le précédent, on aura le poids net de la matière terrestre représenté par le nombre 9,959,363,902,661,888,748,036,016. Nous avons supposé ci-dessus que pour dissoudre une livre de matière terrestre, il faut deux livres d'eau; donc d'après la même hypothèse, pour dissoudre toute la matière du globe, il sera nécessaire de supposer une quantité d'eau égale à 19,918,627,805,323,777,496,072,032 livres. Si l'on veut réduire cette quantité en lieues cubiques, il suffira de la diviser par le nombre

176,465,031,276,240. Or il est facile de voir que le quotient de cette division aura douze chiffres, et que par conséquent il sera plus grand que celui qu'on avait obtenu par le premier calcul, et qui ne se composait que de dix chiffres. Si donc nous considérons la quantité d'eau qui existe dans la nature, en la calculant même avec la donnée la plus favorable, comme celle de M. de La Place, nous la trouverons beaucoup moindre que la masse d'eau nécessaire pour dissoudre la matière terrestre, celle-ci fût-elle aussi soluble dans l'eau que le sel commun (la soude muriatée).

§ 32. Pour éluder cette difficulté, quelques naturalistes ont imaginé une autre hypothèse. Ils ont supposé que l'intérieur de la terre était originairement solide, et que sa fluidité ne fut que superficielle, croyant par-là pouvoir prouver que toute cette immense quantité de fluide aqueux dont nous avons parlé, n'était pas nécessaire pour tenir en dissolution les seules parties superficielles du globe. Dans le § 4 nous avons examiné cette opinion, nous en avons pesé les conséquences, et à ce que nous avons déjà dit, nous nous contenterons d'ajouter une réflexion à laquelle nous n'entendons d'ailleurs attacher d'autre importance que celle qu'on peut mettre à une conjecture. On a vu dans le chap. III, que la force de cristallisation a exercé une

très-grande influence dans la formation des roches primitives : nous ignorons quelles sont la nature et la structure de celles qui composent le noyau de la terre. Mais si la force de cristallistation a manifesté d'autant plus d'intensité, que la roche cristallisée paroît plus ancienne, ne sommes-nous pas autorisés à conjecturer que les substances dont se compose le noyau de la terre, ont été pareillement soumises à l'action de la force cristallifique, ce qui suppose qu'elles se sont trouvées antérieurement dans un état de fluidité. D'autres naturalistes ont eu recours à diverses autres hypothèses, à l'aide desquelles ils ont cru pouvoir expliquer ou la diminution du fluide aqueux, ou sa disparition de la surface du globe terrestre. Comme les principes que nous avons posés, ne nous permettent pas d'admettre dans la première consolidation du globe les dissolutions et les précipitations aqueuses, il nous importe d'examiner brièvement les deux hypothèses auxquelles les neptuniens se sont principalement attachés. Commençons par celle dans laquelle on suppose qu'une grande partie de l'eau qui existait dans l'état primitif du globe, et qui contribuait à la solution de la matière terrestre, se retira dans les cavités centrales, en sorte que nous étant inconnue, elle n'a pu être comprise dans le calcul de la quantité d'eau qui existe actuellement.

CHAPITRE VIII.

On ne peut pas supposer qu'après la cristallisation de la matière terrestre, l'eau se soit retirée vers le centre du globe.

§ 33. Pour prouver que l'immense quantité d'eau nécessaire à la dissolution du solide terrestre n'a pu se réfugier dans l'intérieur du globe, il suffit de faire observer que cette quantité d'eau est représentée par un solide de 2,350,456,800 lieues cubiques, et que si de ce solide, on ôte celui de 110,183,200 lieues cubiques qui représente la quantité d'eau existante dans la nature (Voy. § 30), il restera un solide de 1,240,273,600 lieues cubiques auquel il faudra trouver une place dans l'intérieur de la terre. La masse du globe, en retranchant la masse de l'eau, forme un solide de 1,175,228,400 lieues cubiques; et il est évident que dans ce dernier solide ne pourra jamais être renfermé un solide plus grand, c'est-à-dire, celui de 1,240,273,600 lieues cubiques. Mais mettons à l'écart tous les calculs. L'existence d'un abîme d'eau près du centre de la terre est une hypothèse contredite par une foule de raisons qui nous portent au contraire à croire que le noyau de la terre doit

être composé d'une matière extrêmement compacte et pesante. Hutton ayant calculé les observations faites par Maskelin sur l'attraction de la montagne de Shehallien, en conclut que la densité de la terre est à celle de l'eau comme 4,48 à 1. Les observations faites par Maskelin en 1774 furent répétées par Playfair et publiées dans la Bibliothèque britannique du mois de décembre 1814. Maskelin avait évalué la gravité spécifique des roches du mont Shehallien, égale à 2,50, qui est réellement la densité moyenne des matières pierreuses prises en général; mais cette évaluation est trop foible relativement à cette montagne presque entièrement composée de roches qui ont une gravité spécifique de beaucoup supérieure et qu'on peut placer entre le 2,64 et le 2,8. Playfair, dans son calcul, a pris en considération trois élémens négligés par Maskelin, savoir, la variété des roches dont se compose la montagne, la quantité absolue de chaque espèce de roche et la position de chacune de ces roches relativement au lieu où se faisaient les observations. Du résultat des observations et des calculs de Playfair, il suit que la densité moyenne de la terre serait de 4,86. Cavendish s'étant occupé de la même recherche, mais par une autre méthode, c'est-à-dire, en examinant avec une balance de torsion à peu près semblable à celle de Coulomb, l'attraction réciproque des

globes métalliques, détermina la raison de 5,48 à 1. En prenant la moyenne proportionnelle entre ces deux raisons, nous pouvons évaluer la densité du globe comparée à celle de l'eau, comme 5 : 1. Maintenant si nous faisons abstraction des substances métalliques que nous connoissons et qui sont en très-petite quantité comparativement à la masse du globe, nous nous convaincrons que les gravités spécifiques des terres et des roches qui composent la superficie de la terre, sont bien loin de correspondre à cette densité. La gravité spécifique de la barite fulfatée qui est une des matières pierreuses les plus pesantes, est un peu plus de 4, et la majeure partie des gravités spécifiques des pierres et des terres est entre le 3 et le 2. Devant donc nous en tenir à la raison de 5 : 1 déterminée par les calculs des mathématiciens pour la densité moyenne de la terre relativement à l'eau, il convient de dire que la roche qui forme le noyau de notre globe est plus pesante que toute autre qu'on puisse désigner parmi celles que nous connoissons jusqu'à présent.

§ 34. Ce principe que nous venons de poser, rend très-vraisemblable l'hypothèse que la partie centrale de la terre est une roche d'aimant dont la gravité spécifique étant environ de 7, pourrait compenser le défaut des gravités spécifiques des autres substances pierreuses, et servir encore

à rendre raison si non de tous, du moins de plusieurs phénomènes magnétiques. La majeure partie des physiciens s'accordent à admettre le magnétisme du globe : la question était de savoir si cette force est répandue dans la seule superficie, où si elle est inhérente à toute la masse du globe? Mais les doutes dont cette question pouvait être susceptible, semblent avoir été résolus par le voyage aréostatique des MM. Biot et Gay-Lussac, qui s'étant élevés à 3600 toises au-dessus de la superficie terrestre, ne remarquèrent aucun changement dans la manière d'agir de la force magnétique, qui cependant aurait dû être sensible, si cette force procédait de la superficie: au contraire en la supposant partir de toute la masse, la distance de 3600 toises n'est qu'une quantité infiniment petite jointe à la longueur du rayon terrestre.

§ 35. Que si l'on voulait avec Dolomieu, supposer la partie centrale du globe encore fluide, il faudrait alors imaginer un fluide différent de tous les autres comme serait, par exemple, un fluide métallique qui ressemblerait au mercure; à moins qu'on n'aimât mieux hasarder une hypothèse tout aussi singulière, et prétendre que le centre du globe est occupé par une partie de l'air atmosphérique qui communiquerait avec l'air extérieur au moyen des fentes dont l'entier solide terrestre serait sillonné. Dans ce cas, la

densité de l'air et sa gravité spécifique produites par la compression des colonnes supérieures du même fluide, pourraient s'accroître au point requis par les calculs ci-dessus mentionnés, puisque les physiciens démontrent que si la densité de l'air au-dessous de la superficie du globe augmente dans la même proportion observée sur la superficie, ce fluide à la profondeur de 44 milles de 60 au degré, aurait la densité de l'or (1). C'est d'après cette considération, que Franklin pensa que l'intérieur du globe terrestre est composé d'un fluide beaucoup plus dense que tous les corps que nous connoissons, et que c'est sur ce fluide que surnage la partie solide (Voy. *Transactions de Philadelphie*, tome 3, année 1793); en sorte que si par quelque combinaison accidentelle, un fluide si fortement condensé vient à se dilater, il peut causer à la superficie les plus grands bouleversemens.

Du reste, quelque hypothèse qu'on fasse relativement à l'état actuel de la partie interne du globe, on ne pourra jamais supposer que cette partie soit occupée par un fluide aussi léger

---

(1) Si l'air par l'effet de la compression pouvait parvenir à ce degré de densité dont il est ici question, nul doute qu'il ne perdît sa forme gazeuse, et qu'il ne passât à l'état de corps solide.

que l'eau, et par conséquent il nous paroît impossible d'admettre au centre du globe un abîme capable de recevoir cet immense volume d'eau qui eût été nécessaire pour tenir en dissolution la matière terrestre, et qui, comme nous l'avons dit dans le § 33, formerait un solide beaucoup plus grand que celui de la terre.

Google

CHAPITRE IX.

Il n'est point d'argument soit physique, soit chimique, qui prouve la diminution de l'eau sur notre planète.

§ 36. Les neptunistes pour se débarrasser des difficultés que nous venons d'exposer, ont imaginé une autre hypothèse qui est celle de la diminution progressive de l'eau sur notre globe. Le célèbre Romé de l'Isle qui a si bien mérité de la minéralogie, et qu'on peut regarder comme le fondateur de la science cristallographique, pour trouver une issue à la quantité surabondante d'eau qu'il faut supposer dans l'hypothèse de la fluidité aqueuse primitive de la matière terrestre, eut recours tant à la portion d'eau qui est entrée si non comme partie constituante, au moins comme partie intégrante, dans la formation de ces substances qu'il appelle *sels pierreux*, qu'à la diminution progressive et continue du fluide aqueux, à mesure que la matière solide s'est accrue dans le globe par la multiplication journalière des polypes et des testacées. Jettons un coup d'œil rapide sur ces deux conjectures.

§ 37. En faisant abstraction de cette eau qui dans l'état d'humidité pénètre les corps, qui est

dans une circulation perpétuelle, et qui a été déjà calculée par approximation (Voy. § 30), il ne résulte pas des analyses chimiques, que toutes les substances pierreuses, même celles qui sont cristallisées et transparentes, contiennent de l'eau au moins en quantité qui mérite d'être évaluée. Dans le quartz le plus transparent, Bergman n'a trouvé que 93 de silice, 6 d'alumine, 1 de chaux. Ce chimiste, quoique très-exact dans ses observations, ne fait mention ni d'eau, ni d'aucun principe qui se soient perdus dans l'analyse. Les roches primitives qui probablement forment la charpente du globe, et une très-grande partie de la superficie, comme les granits, les gneiss, etc. ne contiennent presque pas d'eau.

§ 38. Pour ce qui regarde ensuite l'autre moyen de consommation, l'argument n'est rien moins que péremptoire. Il y a certainement des îles et de grandes extensions pierreuses formées par des polypes et des corps marins, qui dans certaines parties accroissent notablement la masse terrestre. La nouvelle Calédonie, les nouvelles Ébrides, les Iles de la Société, celles de Palmerstron, de Paliser, des Amis, de la partie orientale de la nouvelle Hollande, enfin celles qu'on voit disséminées en très-grand nombre dans l'océan équinoxial, sont le produit les unes en entier, les autres en partie, des vers marins : mais de

tels phénomènes se sont opérés successivement et à des époques postérieures à la consolidation du globe, objet de notre recherche, et n'ont commencé à avoir lieu que lorsque les germes des corps organiques se sont développés. En outre, l'accroissement de la matière terrestre n'occasionne point de diminution dans la masse des eaux; il peut tout au plus en faire hausser le niveau, et obliger la mer à changer de situation.

§ 39. Devrons-nous regarder comme bien fondée cette opinion du célèbre Newton, que l'eau se consumant peu à peu se change en terre, et que par conséquent la partie solide du globe va croissant à mesure que l'eau diminue? S'il en était ainsi, il y aurait lieu de croire que l'immense quantité d'eau qui resta après la cristallisation de la matière terrestre primitive, se serait consumée en grande partie dans un espace de temps aussi long que celui qui s'est écoulé depuis cette première période: mais il paroît que ce grand homme qui, en observant la force réfringente de l'eau dans l'état de fluidité, sut découvrir dans ce fluide l'existence d'un principe combustible, et cela près de cent ans avant que la chimie y reconnût la présence de l'hydrogène; qui avait pareillement pressenti le même principe dans le diamant avant qu'on se doutât de sa parfaite combustibilité, il paroît, disons-nous, que Newton se laissa séduire par les expériences

très-équivoques de Boyle, d'Eller et de Margraff. Ces savans chimistes, en soumettant la même eau à plusieurs distillations répétées, en ayant toujours retiré un peu de terre, conclurent de leur opération que l'eau se change réellement en terre. L'illustre Boërhaave, ainsi qu'on peut le voir dans son *Traité de l'eau*, avait toujours suspecté la justesse de la conséquence qu'on prétendait tirer de ces expériences, et il penchait à croire que ces particules terrestres qu'on aperçoit flotter en forme de poussière très-subtile dans l'air atmosphérique, pouvaient se mêler avec l'eau pendant la distillation et former un petit résidu terreux. Du reste, il est aujourd'hui démontré que la petite quantité de terre qu'on obtient par suite de plusieurs distillations répétées, provient des vases distillatoires, et participe de la nature de la matière dont ils sont composés. Dans les *Mémoires de l'Académie royale des sciences* de France, on a rapporté les expériences très-exactes qui ont été faites sur ce sujet par M. Lavoisier, l'un des plus habiles chimistes.

§ 40. Mais si nous ne connoissons pas d'expérience qui démontre la transformation de l'eau en terre, les phénomènes de la nature ne nous offrent-ils pas une foule de preuves qui attestent la fréquente décomposition de l'eau? D'où il paroît qu'on est autorisé à conclure que la

quantité de ce fluide diminue progressivement. Les expériences de Lavoisier, de Berthollet, d'Ingenhousz ont conduit les physiciens à reconnoître que l'eau en circulant dans les végétaux et principalement dans les organes des feuilles, se décompose; et que là, elle se dépouille de son hydrogène, qui contribue à former les huiles, les essences, les parties colorantes et combustibles, pendant qu'une portion de son oxigène coopère à la formation des acides et autres produits. Lorsqu'on considère l'immense quantité de végétaux qui embellissent la surface de notre planète, n'est-on pas naturellement porté à croire que le règne végétal occasionne une très-grande consommation d'eau? Ce n'est pas tout; les substances métalliques mises en conctat avec l'eau produisent souvent sa décomposition, s'approprient son oxigène, et passent ainsi à l'état d'oxides. Nous ne parlerons pas de la fermentation putride et de beaucoup d'autres opérations de la nature, qui sont journellement suivies de décompositions de l'eau, desquelles il doit nécessairement résulter une grande consommation de ce fluide.

§ 41. Nous convenons qu'il y a des circonstances dans lesquelles la quantité de l'eau diminue par l'effet de sa décomposition; mais il y a aussi des cas où l'eau est produite par la

Digitized by Google

combinaison de ses principes. Une partie de celle qui se trouve dans l'air sous la forme gazeuse paroît due à sa composition. Sur la superficie de la terre l'hydrogène se dégage continuellement de plusieurs corps : au moment même de son développement et lorsqu'il commence de passer à l'état de gaz, il absorbe facilement l'oxigène, peut se combiner avec lui et former de l'eau qui, si elle trouve une température favorable, prend la forme d'un gaz élastique. En outre, il semble très-probable que quelques pluies d'orage dérivent de la formation instantanée de l'eau dans l'atmosphère, au moyen de la combinaison rapide du gaz hydrogène avec le gaz oxigène, produite par l'électricité fulminante. A la vérité cette opinion paroît contredite par les observations de Biot et de Gay-Lussac, qui ayant examiné la composition chimique de l'air à la hauteur de 3600 toises au-dessus du niveau de la mer, n'y trouvèrent point de gaz hydrogène : mais ces expériences ne prouvent autre chose si ce n'est que dans la région supérieure de l'air à laquelle s'élevèrent ces deux courageux physiciens, il n'existait pas dans ce moment du gaz hydrogène. Finalement là où l'on trouve des exhalaisons de gaz hydrogène sulfureux, accompagné de beaucoup de chaleur, on est toujours assuré d'obtenir de l'eau. C'est d'après ce principe que je

fis construire une fontaine artificielle (1) dans le cratère du volcan à demi-éteint de la Solfatara de Pouzzole, laquelle donnait chaque jour plus de trois mille pintes d'eau. On peut voir la description et le dessin de cette machine dans le *Journal des Mines*, n.° 86. Si le gaz hydrogène d'une simple fumerole fournissait une quantité d'eau aussi considérable, quelle masse ne doivent pas produire les exhalaisons très-multipliées de ce gaz, qui, accompagné de chaleur, se dégage de plusieurs points de la superficie du globe ? S'il y a donc quelques circonstances dans lesquelles il arrive des décompositions de l'eau, il y en a aussi dans lesquelles ce fluide se recompose et se reproduit : par conséquent il n'y a aucun sujet de croire à la diminution ou à

(1) On m'a objecté que cette eau provenait non de la combinaison de l'oxigène de l'atmosphère avec l'hydrogène du gaz, mais bien de la vapeur aqueuse qui s'exhale des entrailles de la montagne. Comme les sources d'eau chaude qu'on voit à la base de la Solfatara dans le lieu appelé *Pisciarelli*, semblent fortifier l'objection, je ne veux point m'obstiner à défendre une opinion qu'on peut combattre par des raisons plausibles. J'observerai cependant que le gaz hydrogène sulfureux en circulant dans les tuyaux de la fontaine artificielle, se décomposait, puisque les parois intérieures de ces tuyaux après un certain temps se trouvaient couvertes de cristaux de soufre. Cela démontre que le gaz hydrogène sulfureux subissait une décomposition, et que par conséquent l'hydrogène devait s'unir à l'air atmosphérique. Comme cette combinaison était accompagnée d'une chaleur très-intense, il me paroît naturel qu'il en dût résulter de l'eau.

l'accroissement progressifs de l'eau, puisque rien ne démontre que les résultats d'une opération surpassent ceux d'une autre. Il en est de même de l'air; quelle immense quantité de ce fluide ne se décompose-t-elle pas journellement par l'effet de la respiration des animaux, de la combustion des corps et de la végétation des plantes? Et cependant il n'y a aucun indice qui nous autorise à conjecturer que depuis que notre planète existe, la masse atmosphérique ait souffert quelque changement (1). La nature a des moyens pour réparer ses pertes, et c'est à ces moyens qu'est dû le maintien de l'ordre et de l'économie générale. On voit par-là, combien chimérique était la crainte de ce professeur de Pise (Fromont dans le *Traité de la fluidité des corps*, tom. 2) que notre globe ne fût un jour dépouillé de toute humidité.

(1) M. De Cesaris, savant astronome et mon ami, m'a fait part d'une remarque qu'il a faite. Ayant examiné le registre des observations barométriques faites deux fois par jour dans le palais de Brera, pendant trois périodes consécutives de 18 années chacune, ce qui forme un espace de 54 années, il a trouvé que la hauteur barométrique moyenne de la 3.ème période surpassait de 3 centimes de ligne, celle de la première période, ce qui fairait conjecturer quelque accroissement dans le poids de la masse atmosphérique. Cependant comme dans le cours de 54 années, le baromètre et l'observateur ont été remplacés une fois, on ne peut pas donner ce résultat pour bien sûr et certain. Il suffit néanmoins pour exciter l'attention des physiciens sur un point de météorologie assez curieux.

CHAPITRE X.

Les observations faites jusqu'à présent ne suffisent pas pour démontrer l'abaissement du niveau de la mer, depuis les premiers temps historiques.

§ 42. Puisque la physique et la chimie ne nous fournissent aucune donnée pour résoudre le problême de la diminution de l'eau, ayons recours aux faits, ouvrons les annales de l'histoire, et comparons l'état actuel de la superficie terrestre avec son état antérieur en remontant à une époque de 3 ou 4 mille ans. Si par ce moyen nous pouvions nous convaincre sans équivoque et d'une manière sûre, de la diminution progressive de la mer, comme celle-ci est le réservoir général de l'eau qui existe sur notre planète, nous aurions une apparence de vérité qui nous autoriserait à penser que la mer primitive ou la masse d'eau nécessaire pour tenir en dissolution toute la matière terrestre, a diminué peu à peu. Mais d'abord l'espace de temps qu'embrassent les monumens historiques, a malheureusement des bornes trop étroites : puis de quelle sévère critique ne doit-on pas faire usage en interprétant les auteurs anciens ? Pour connoître si la masse des eaux de la mer a ou n'a

pas diminué, les naturalistes se sont attachés à observer son niveau dans divers lieux. Il est certain que ce niveau tend sans cesse à hausser à cause des matières que les eaux charrient dans la mer ou qui y tombent des côtes escarpées, ou bien à cause des écueils et des îles considérables qui sont l'ouvrage des polypes, ou enfin à cause du rétrécissement de la superficie produit par les atterrissemens qui se forment le long des bords, surtout près de l'embouchure des fleuves. S'il était donc possible de prouver que le niveau de la mer au lieu de hausser, baisse réellement, on aurait un puissant indice (1) de la diminution progressive de l'eau. Mais les observations qu'on a faites pour éclaircir ce point, ont donné des résultats qui au lieu d'être uniformes, comme il y avait lieu de l'espérer, vu que les eaux tendent toujours à se mettre en équilibre, sont au contraire très-discordans. Il ne sera pas inutile de remarquer qu'il y a des circonstances particulières qui peuvent forcer la mer à s'éloigner d'un lieu, ou à s'avancer vers un autre, quoique son niveau reste toujours le même. Près de l'embouchure des grands fleuves,

(1) Je dis *indice*, parce qu'on n'est pas sûr de la stabilité du fond de la mer. En effet, si ce fond était susceptible d'éprouver de grands éboulemens, l'eau se retirerait dans les cavernes intérieures du globe, et alors son niveau baisserait en raison de la nouvelle capacité et de l'étendue de la superficie de la mer.

le retirement de la mer est nécessairement occasionné par les matières que les eaux douces y déposent aussitôt que leur mouvement commence à se ralentir par l'effet de la rencontre des eaux marines. En outre la mer s'éloigne des plages qui sont fort inclinées à l'horizon, et s'avance au contraire vers les endroits qui sont coupés à pic et les plus exhaussés, ce qui est bien facile à concevoir : ceux-ci sans cesse frappés avec violence par les flots, se détruisent insensiblement ; l'eau s'insinuant dans les fentes, gagne chaque jour un peu plus d'espace, et cause enfin la chute des parties élevées, qui venant à manquer d'appui, croulent nécessairement. Au contraire si les plages sont fort basses, lorsque le flux charrie les matières qui ont été apportées par les fleuves, ou qui se sont détachées de divers autres sites, plus la plage se rapproche du plan horizontal, plus ces matières sont poussées en avant, et résistent par conséquent davantage à la force du reflux qui tend à les rapporter dans la mer. Il suit de là que les plages très-basses doivent naturellement s'élever et s'étendre, recevant et conservant une plus grande quantité de matière. Mais ces phénomènes partiels dépendant des circonstances locales, n'ont aucun rapport avec le problême général dont nous cherchons la solution, et c'est sans doute faute de considérer ce problême sous son véritable

point de vue, que quelques naturalistes se sont étrangement mépris, en voulant déduire un fait général de quelques phénomènes particuliers qui peuvent avoir été produits par des causes secondaires, comme seraient, par exemple, la configuration des côtes, la disposition des plages, la proximité de l'embouchure de quelque grand fleuve, le voisinage d'un volcan dont les éruptions sont capables de forcer la mer à se retirer, etc. Jettons maintenant un coup d'œil sur les observations qu'on a faites pour tâcher de résoudre la question.

§ 43. Les naturalistes du Nord se sont particulièrement occupés de cet objet, et suivant l'opinion de quelques-uns d'entr'eux, le niveau de la Baltique baisse continuellement. Celsius a recueilli plusieurs faits historiques à l'appui de cette opinion, et il y a plus de 60 ans que pour résoudre le problême, il fit établir avec beaucoup de soin et de justesse, quelques signaux sur les rochers qui dominent la plage maritime de Gefle et de Calmar. La même opinion fut embrassée par Wallerius, Dalin et Linné. Ce dernier ne se contenta pas de la défendre avec beaucoup d'érudition dans son discours *De telluris habitabilis incremento*, mais il s'occupa encore à déterminer l'abaissement du niveau de la mer, qu'il jugea être de 4 à 5 pieds pour chaque siècle. Il fit aussi placer des signaux sur un rocher qui est

à un quart de mille de Traelleberg, pour indiquer quel était de son temps le niveau des eaux de la mer. Le savant De Buch dans son voyage en Norvège et en Laponie, tom. 2, pag. 278 de l'édition française, dit qu'ayant pris en considération plusieurs circonstances relatives au même objet, et recueilli les renseignemens les plus exacts que lui fournirent des personnes très-instruites, il ne doute nullement de l'abaissement du niveau de la mer dans le golfe de Botnie : il assure encore que deux habiles ingénieurs après avoir examiné les signaux que Celsius avait fait placer, reconnurent que le phénomène de la diminution de l'eau est confirmé par l'observation. Ébel a pareillement tâché de prouver par beaucoup de faits et de monumens historiques, le retirement de la mer dans tout l'hémisphère boréal, et il rapporte plusieurs observations faites par des naturalistes, et qui semblent établir que le même phénomène a lieu dans l'hémisphère austral. Enfin Playfair (Note 21.ᵉ de l'*Examen de la théorie de Newton*) regarde comme démontré que sur les côtes d'Écosse, le niveau de la mer a été autrefois beaucoup plus élevé. D'un autre côté, Brovallius, Kalm et autres naturalistes suédois ont combattu le sentiment de Linné et de Celsius, et donné en preuve des faits qui sont entièrement contraires. De Luc a soutenu que la mer Baltique n'a point changé de niveau

depuis que les contrées qui l'environnent, ont pris la conformation qu'elles conservent encore aujourd'hui. Le niveau de la mer du Nord du temps de Jules César n'a subi aucun changement. Ce célèbre capitaine et non moins habile écrivain en parlant de la séparation de ce bras du Rhin appelé *Vahal*, et de sa jonction à la Meuse, indique la distance qu'il y avait alors depuis ce confluent jusqu'à la mer. Le savant Danville ayant vérifié cette distance, l'a trouvée conforme à celle qui existe maintenant, ce qui prouve qu'il n'est survenu aucun changement dans le niveau de la mer. Quelques grandes voies romaines construites par ordre d'Auguste, sous la direction d'Agrippa, et qui conduisent aux villes maritimes de la Belgique, sont encore, comme elles étaient jadis, voisines de la mer. On peut voir le Mémoire de Correa de Serra inséré dans la *Bibliothèque britannique*, tom. 12, et ce qu'a écrit sur le même sujet, le géographe Malte-Brun dans son *Abrégé de la géographie*, tom. 2, pag. 155. De tout ce qui vient d'être dit, on doit déduire que le retirement de la mer dans les parties septentrionales de l'Europe, n'est point démontré avec cette certitude et cette généralité qu'on le croit communément.

§ 44. Les résultats des observations faites dans les climats plus méridionaux semblent au premier coup d'œil plus conformes, et peuvent

servir d'appui à l'opinion contraire, c'est-à-dire, que le niveau de la mer hausse au lieu de baisser. Pour ce qui concerne l'Adriatique, nous avons les observations faites par Manfredi et par Fortis dans les deux plages opposées et dans des lieux éloignés des embouchures des grands fleuves. Parmi les observations de Fortis, il en est une qui mérite surtout d'être rapportée, c'est celle qu'il fit en Dalmatie, dans les environs de Primoria et sur le rivage de Xivogoschie, où il trouva gravée sur un rocher une inscription qui faisait mention d'une fontaine et du territoire que cette fontaine arrosait. La mer en battant avec violence contre les parois du rocher, a détruit une partie de l'inscription, et couvre maintenant un territoire qui, suivant l'opinion des antiquaires, était un lieu de délices de l'empereur Licinianus. M. Angelo Zendrini dans un Mémoire lu à l'Institut, section de Venise, le 22 février 1815, rendit compte de quelques observations qu'il avait faites dans l'île de S. George, où l'on faisait de grandes excavations pour établir le *port-franc*. A la profondeur de plusieurs pieds au-dessous du niveau actuel de la mer, on découvrit les têtes de quelques pilotis et un escalier construit en pierre dont on ne déblaya que cinq degrés. Non loin de cet escalier, on trouva des briques qui portaient le nom de l'ouvrier, et le nom ainsi que la forme des lettres,

indiquait une époque qui ne peut être postérieure au temps des Romains. De ce fait, le savant auteur que nous venons de citer, conclud qu'il est incontestable que ces restes d'anciens bâtimens, malgré la position qu'ils occupent maintenant, s'élevaient jadis au-dessus des eaux (1). De pareils faits ont été remarqués dans les plages de la Toscane et de la Ligurie qui avoisinent la Méditerrannée, et j'ai moi-même eu occasion de répéter les mêmes observations dans le golfe de Naples. Quelques pavés de l'un des palais que le voluptueux et cruel Tibère fit construire dans l'île de Caprée, se trouvent présentement couverts des eaux de la mer; et comme les fondemens de cet édifice sont posés sur un massif de roche vive calcaire, et que l'île ne présente d'ailleurs aucunes traces d'un bouleversement particulier, il n'y a pas lieu de conjecturer qu'un tremblement de terre ou tout autre violent phénomène ait soudainement changé la situation du sol. Le pavé du temple de Jupiter-Sérapis près de la ville de Pouzzole est maintenant plus bas que le niveau de la mer dans les hautes marées; en sorte que pour vider les eaux de pluie qui s'amassent dans son enceinte, il a fallu depuis

(1) Cette découverte démontre que les lagunes vénitiennes ont été habitées long-temps avant l'irruption des barbares laquelle contraignit un grand nombre de familles du continent voisin à y chercher un asile.

peu d'annés y établir une pompe. Or il n'est pas probable que les anciens qui étaient certainement fort entendus en architecture, eussent placé un édifice si considérable sur les bords et au-dessous du niveau de la mer, et dans un site où les eaux pluviales n'avaient pas un libre écoulement. Enfin c'est une règle qui a été constamment observée par les architectes tant anciens que modernes, que dans la construction des ponts, le pied-droit des piles destinées à soutenir les arcades, doit s'élever au-dessus du niveau des plus hautes marées, et maintenant le niveau de la mer surpasse de beaucoup le pied-droit des piles du môle à arcades qui défendait l'ancien port de Pouzzole, et qu'on appelle fort improprement le pont de Caligula.

§ 45. De ces observations, on pourrait déduire que le niveau de la mer dans la zone torride et dans les deux zones tempérées, s'élève progressivement, ce qui a fait penser à quelques naturalistes que la mer gagne vers l'équateur autant de terrain qu'elle en perd vers les pôles; phénomène qui, s'il avait réellement lieu, devrait avoir une limite fixée par l'équilibre du fluide, et dépendrait de quelqu'une de ces causes générales qui exercent leur influence sur la constitution physique de notre planète, comme, par exemple, l'action des corps célestes, le mouvement de rotation, la diverse évaporation, etc.

Digitized by Google

Mais les observations faites à ces latitudes ne sont pas non plus parfaitement conformes ; car il y en a quelques-unes qui sembleraient indiquer plutôt un abaissement. Cook dans son troisième voyage, a observé entre les tropiques quelques roches de corail qui, même dans les hautes marées, restent à découvert, tandis qu'il est certain qu'à l'époque de leur formation, elles étaient entièrement couvertes par la mer. Dans la plage napolitaine, si, comme nous l'avons dit dans le § précédent, quelques observations semblent établir que le niveau de la mer va s'élevant sans cesse, il en est d'autres qui donnent lieu de croire que ce niveau a considérablement baissé dans une période de peu de siècles. A la base de *Montenovo* et dans la mer, on voit les ruines de quelques anciens édifices qui probablement dépendaient du fameux port Jules. Sur les parois de ces ruines et à la hauteur d'environ 6 pieds au-dessus du niveau de la mer, on aperçoit des coquilles et des dépouilles de corps marins. Le savant naturaliste Pino a remarqué que quelques-uns de ces testacés sont renfermés dans les vides du tuf et dans le ciment des murs ; et comme les orifices des cavités qu'ils ont occupées, sont plus petits que le volume des coquilles, il est sensible que les vers marins sont nés et ont pris leurs croissance dans ces mêmes cavités, et que par conséquent la mer a

autrefois et pendant long-temps couvert ces ruines jusqu'à la hauteur où l'on reconnoît l'empreinte des coquillages. Dans le même temple de Jupiter-Sérapis dont nous avons déjà parlé et où l'on a cru trouver la preuve de l'exhaussement progressif du niveau de la mer, on observe encore ce phénomène sur lequel on a tant écrit, et qui donne lieu de croire que dans cet endroit et à une époque postérieure au commencement de notre ère, le niveau de la mer a été beaucoup plus élevé. Mais puisque ceux qui ont entrepris d'expliquer ce même phénomène, ne paroissent pas en avoir signalé toutes le circonstances avec cette précision qu'on pouvait désirer, qu'il nous soit permis d'insister un peu sur ce point; la courte digression que nous allons faire n'est rien moins qu'etrangère à notre sujet.

§ 46. Les ruines du temple de Jupiter-Sérapis sont situées à l'extrémité occidentale de la ville de Pouzzole, à la base de la Solfatara et sur la plage maritime. Le pavé de l'édifice est à présent un peu plus bas que le niveau de la mer, comme nous l'avons dit dans le § 44; et à la hauteur de sept à huit pieds au-dessus de ce pavé, on remarque tant sur les murs du portique que sur ceux de quelques chambres contigues, un dépôt de matière calcaire configurée en pisolithes, et qui annonce que ces ruines ont été

Digitized by Google

couvertes jusqu'à cette hauteur par une eau chargée de terre calcaire. Parmi les nombreux fragmens de marbres antiques qui sont épars dans l'enceinte de ce temple jadis aussi élégant que magnifique, on en voit plusieurs de marbre pentelique qui formaient le toit, et un nombre non moins considérable de ce marbre calcaire à demi-transparent, connu sous le nom de *dolomie*, très-blanc et à gros grain, qui étincelle sous le briquet, devient phosphorique par le frottement dans l'obscurité, répand une odeur de foie de soufre quand on le brise avec le marteau, et se dissout lentement dans les acides sans faire effervescence. L'édifice était orné d'un grand nombre de colonnes de trois sortes de pierres, et de trois dimensions différentes suivant la partie du temple à laquelle elles appartenaient. Les grandes sont de marbre cipolin; les moyennes et les petites, les unes du même marbre cipolin; d'autres de brèche d'Afrique, et quelques-unes de granit qui paroît avoir été tiré de l'îsle d'Elbe. Toutes les colonnes, à l'exception de trois des plus grandes, sont renversées et couchées par terre; il en est même plusieurs qui sont brisées par morceaux. Le phénomène qui a surtout provoqué la curiosité des géologues, consiste en ce que sur les trois grandes colonnes qui sont restées debout sur leur base, et à la hauteur de 10 pieds au-dessus du pavé, commence une zone

de 6 pieds de hauteur, parsemée d'une infinité de petits trous pratiqués dans le marbre par des vers marins. Près de ces colonnes, gissent sur le sol de gros fragmens d'une quatrième colonne égale et par la grandeur et par la qualité du marbre, à celles qui sont restées sur pied; et ces fragmens offrent les mêmes trous jusque dans les plans des cassures, circonstance qui mérite une attention toute particulière. Le marbre cipolin de ces colonnes contenant de grosses parties de matière quartzeuse, on observe que lorsque l'insecte rencontrait ces parties, il changeait la direction de son alvéole. Le même phénomène se reproduit dans les colonnes de brèche africaine : celles qui sont entières présentent une zone pareillement percée par les vers, et l'on aperçoit les mêmes trous dans les plans de section de celles qui ont été rompues. Les colonnes de granit sont intactes. Il est donc certain que diverses espèces d'insectes marins ont travaillé dans ces marbres : la plus commune de ces espèces est celle du *mitylus lythofagus* de Linné. Spallanzani a reconnu dans les mêmes marbres la dépouille d'un ver dont il avait observé le type vivant dans des marbres sous-marins des lagunes vénitiennes. On y voit aussi des serpules, et entr'autres la *contortuplicata* et la *triquetra* de Linné. Malheureusement la curiosité des voyageurs ne contribue pas peu à faire disparoître les traces de ce singulier phénomène.

Digitized by Google

Les antiquaires n'ont pu jusqu'à présent, du moins que je sache, déterminer l'époque de la construction du temple dont il est ici question; construction qui remonte peut-être au temps des Grecs. Cependant quelques monumens trouvés dans les ruines de ce temple, prouvent qu'il fut restauré et embelli par les empereurs Septime Sévère et Marc-Aurèle. Si les colonnes avaient été forées par les vers marins lors de la restauration, on n'aurait certainement pas négligé de remplir de stuc les trous qui dégradaient un monument aussi élégant que somptueux. Néanmoins l'examen le plus réfléchi n'a fourni aucun indice d'une semblable réparation : en effet, on n'aperçoit dans les alvéoles aucunes traces de stuc ou de toute autre matière étrangère qu'on y aurait pu introduire ; ces alvéoles sont au contraire entièrement vides et nets. Enfin si les colonnes actuellement renversées eussent été forées par les vers marins tandis qu'elles étaient encore en pied, les trous ne se fairaient apercevoir qu'à la surface et jusqu'à une certaine profondeur ; on n'en verrait point sur les plans internes des fractures, et bien moins encore trouverait-on sur ces plans internes les vestiges des serpules, insecte qui ne s'attache qu'aux surfaces. Tant de motifs peuvent faire conclure que ces marbres n'ont été couverts par les eaux de la mer qu'à une époque postérieure au règne de Septime Sévère et à la destruction du temple.

§ 47. Quelques naturalistes ont imaginé que l'un de ces tremblemens de terre auxquels le territoire de Pouzzole est si sujet, a pu faire baisser le sol du temple ; et qu'alors la mer trouvant un libre accès, l'a couvert de ses flots jusqu'à la hauteur de 16 pieds. Cette hypothèse en exigeait une autre ; ils ont encore imaginé que plusieurs années après, un second tremblement de terre a soulevé le même sol, et l'a replacé à la hauteur où il est maintenant. Ces naturalistes supposent donc que le premier tremblement de terre renversa une grande partie du temple et toutes les colonnes, à l'exception des trois qui sont encore en pied; que les fragmens des colonnes renversées et couchées par terre, restèrent couverts par les eaux de la mer pendant l'intervalle de temps qui s'écoula entre les deux tremblemens de terre, et que les vers marins s'attachant aux marbres, y pratiquèrent des alvéoles et s'y multiplièrent. Le voisinage de plusieurs bouches ignivomes dont quelques-unes conservent encore leur activité, a dû nécessairement occasionner de violens tremblemens de terre dans la contrée de Pouzzole, et les suites de ces accidens sont souvent si extraordinaires, qu'il serait difficile de démontrer la fausseté de l'hypothèse que nous examinons. Mais lorsqu'on réfléchit que les trois grandes colonnes qui ont une hauteur fort considérable, reposent

encore sur leur base, et que les murs extérieurs du temple sont entiers, on a bien de la peine à se persuader qu'un tremblement de terre ait fait baisser de 16 pieds une si grande masse, et qu'ensuite un autre tremblement de terre l'ait reportée au même point d'élévation, sans renverser les trois grandes colonnes, sans lézarder les murs. Il nous semble aussi que l'explication la plus naturelle qu'on pourrait donner de ce problême, devrait être déduite bien plutôt des changemens arrivés dans le sol terrestre, que de ceux qui ont pu faire varier le niveau de la mer. Mais l'homme ne juge guère des objets que d'après les impressions qu'il reçoit des sens : vient-il à reconnoître quelque changement dans la hauteur relative de la mer ou de la terre? Il penche volontiers à attribuer un pareil phénomène à l'action des eaux, parce que la mer offre à ses regards une surface sans cesse agitée, tandis que la terre lui paroît être dans un état d'immobilité permanente. Ce qui le confirme encore dans cette idée, c'est que les changemens terrestres ne s'opérant que d'une manière très-lente, ne deviennent sensibles que dans un long période de temps. Puisque les observations ci-dessus rapportées prouvent que le niveau de la mer a haussé dans certains endroits et baissé dans d'autres, phénomène qui n'est pourtant pas susceptible d'une démonstration mathématique

comme celui de l'équilibre des eaux, ne pourrait-on pas soupçonner que quelques parties de la superficie de la terre sont sujettes à des mouvemens insensibles d'élévation et d'abaissement? Dans ce cas, là où la terre s'élève, il semblera que le niveau de la mer s'abaisse; et au contraire celle-ci paroîtra s'exhausser là où le sol terrestre aura subi quelque dépression. De Buch que nous avons cité au § 43, regardant comme certain l'abaissement du niveau de la mer sur les côtes de la Suède, conçut l'idée que l'entier territoire suédois va s'élevant insensiblement depuis Frédricshall jusqu'à Obo et peut-être jusqu'à Pétersbourg. Mais à quelle cause pourrait-on attribuer l'existence d'un pareil phénomène? Serait-ce à l'action d'un feu souterrain? Je ne le pense pas, parce que la manière tumultueuse et irrégulière avec laquelle le feu agit sur les substances terrestres, ne concorde nullement avec une opération lente et uniforme. Voudra-t-on supposer une chaleur lente et continue? Mais il n'y a, du moins que je sache, aucun indice de cette chaleur dans les régions septentrionales. Qu'il me soit permis de proposer ici quelques conjectures à l'appui de l'hypothèse de De Buch.

§ 48. Il paroît que les évaporations terrestres doivent être bien moindres vers les cercles polaires que dans les autres régions du globe.

L'humidité s'accumule sous les zones glaciales à cause de l'immense quantité de neige dont la terre est couverte, et qui permanente dans quelques endroits, se conserve dans d'autres, pendant plusieurs mois de l'année. Cette humidité qui ne peut s'évaporer entièrement dans la courte période de l'été, pénètre lentement dans les couches les plus internes, les dilate, les fait gonfler, s'il est permis de s'exprimer de la sorte, et les soulève insensiblement. En outre, concevons une étendue de pays qui soit continuellement exposée à une température très-humide. L'humidité qui n'est autre chose qu'une eau extrêmement atténuée, devra pénétrer insensiblement toute la masse terrestre jusqu'à une certaine profondeur, et si là, elle trouve des substances qui aient une grande affinité avec ses élémens, elle pourra se décomposer et participer à une nouvelle combinaison. Alors une partie de cette humidité engagée dans le nouveau composé, ne sera plus sujette à l'évaporation; et la masse de la matière terrestre s'accroissant sans cesse par de pareilles combinaisons, sa superficie devra nécessairement se soulever peu à peu. Cet exhaussement proportionné au nombre des combinaisons qui se succéderont sans aucune sorte de commotion, sera très-lent, fort peu considérable dans un court espace de temps, et par conséquent imperceptible; mais

il pourra devenir très-sensible dans le cours d'un grand nombre de siècles. L'effet produit par l'humidité dans une partie du globe, peut ailleurs être occasionné par la chaleur; et comme l'action de la chaleur et de l'humidité est capable de dilater et de soulever quelques parties du globe terrestre, de même le froid, la compression des couches supérieures ou l'évaporation peuvent occasionner le resserrement et la dépression d'autres parties de ce globe (1). A l'aide de cette hypothèse que quelques parties du globe se soulevent et que d'autres s'abaissent, il est facile de donner raison des contradictions qu'on remarque dans les observations de plusieurs naturalistes d'ailleurs très-instruits, relativement au niveau de la mer dans les diverses parties du globe. Peut-être les observations contradictoires que nous avons rapportées dans le § précédent, et qui ont été faites aux territoires de Pouzzole et de Baies, sont elles susceptibles d'une explication aussi satisfaisante que naturelle. Il suffit pour cela de considérer que la chaleur souterraine qui se manifeste en divers lieux du golfe, a pu produire dans une période

(1) L'Appendice des Éphémérides de l'observatoire de Brera pour l'année 1813 contient un Mémoire très-curieux du savant astronome M. De Cesaris, où l'on voit que des masses très-grandes et d'une cohérence fort tenace comme le vaste édifice de Brera, peuvent être sujettes à des altérations igrométriques.

de temps considérable ici l'abaissement, et là l'élévation du sol, suivant la nature des substances, les circonstances locales et les combinaisons qui se sont opérées dans les parties contigues. Là où l'on reconnoît l'action d'une cause aussi puissante que cette chaleur intense, continue et uniforme qui se fait remarquer en divers endroits de cette contrée, on ne doit pas être surpris de l'instabilité de quelques parties de la superficie, et que ces parties soient sujettes aux lentes oscillations d'un soulèvement et d'un abaissement qu'un long intervalle de temps peut seul rendre sensibles.

Concluons de tout ce qui précède, que la mer telle qu'on la voit maintenant, considérée sous le rapport de son volume et de sa masse générale, semble être dans un état parfaitement stationnaire, quoiqu'elle ait subi bien de changemens dans la distribution de ses eaux. On ne peut tirer de ces changemens aucun argument capable de démontrer la consommation de cette quantité d'eau qui est en circulation dans l'atmosphère et sur le globe ; et par conséquent il est bien difficile d'expliquer la disparition de cette immense quantité d'eau qu'il est nécessaire de supposer d'après l'hypothèse que la matière terrestre fût dissoute dans ce fluide à l'époque de la première consolidation de notre planète.

Digitized by Google

CHAPITRE XI.

Hypothèse de Kirwan.

§ 49. Puisque l'hypothèse de la cristallisation de la matière terrestre primitive dissoute dans l'eau, est sujette à tant et à de si graves difficultés, voyons si, renonçant à l'idée de la solution, on peut de quelqu'autre manière défendre le systême des neptuniens. Supposons donc d'après quelques géologues, que la matière terrestre ne fût pas dissoute, mais qu'elle fût seulement mêlée avec l'eau, et imaginons avec Kirwan, que notre globe fût dans son origine une masse liquide. Les solides tels qu'ils existent maintenant, dit Kirwan (Voy. *Bibl. brit.*, vol. IX), ne sont point solubles dans l'eau; car où pourrait-on trouver le fluide nécessaire pour les tenir en dissolution? Cette difficulté n'a pas peu embarrassé les naturalistes: quelques-uns ont eu recours à un dissolvant particulier qui s'est dissipé ou combiné avec d'autres substances, et dont il ne reste plus de traces; d'autres ont cru pouvoir admettre une température extrêmement élevée. Mais pourquoi, ajoute Kirwan, laisser à l'écart un fait fondamental et démontré, savoir, que la terre était originairement une masse liquide?

Pourquoi chercher des solides et le moyen de les faire dissoudre à une époque où il n'existait point de solides, où les molécules destinées à les former étaient suspendues dans une masse de boue hétérogène qui contenait les élémens de tout ce qui a existé depuis? L'eau de cette boue étant fluide, devait avoir un degré de chaleur correspondant tout au moins au zéro du thermomètre de Réaumur, et peut-être sa température était-elle encore plus élevée? Elle devait en outre contenir les terres simples, toutes les substances métalliques, tous les principes chimiques simples: en un mot, cette masse fangeuse devait dans son tout, former un composé plus compliqué que quelqu'autre que ce fût, et par conséquent elle devait être douée de propriétés très-différentes de celles que nous reconnoissons dans les fluides actuels. L'existence du feu élémentaire (qu'on réfléchisse bien sur cette idée de Kirwan) dut coïncider avec la création du chaos, et il paroît que les lois de la gravité et des attractions électives remontent à la même époque. Les divers ingrédiens dont se composait ce fluide que Kirwan appelle *chaotique*, n'étaient sûrement pas répandus d'une manière uniforme dans sa masse: là les terres d'une certaine nature se trouvaient proportionnellement en plus grande quantité que dans d'autres régions; ici quelques métaux occupaient un espace beaucoup

plus considérable ; ailleurs prédominait la terre calcaire déjà existante, puisque l'analyse la fait voir dans plusieurs pierres dont la formation appartient à l'époque de la première consolidation du globe. L'action des affinités électives dut nécessairement dans un fluide d'une telle nature, produire un grand nombre de cristallisations parmi les élémens homogènes disséminés dans sa masse. Les groupes de ces cristaux cedant aux lois de la gravité, se précipitèrent successivement vers les parties centrales et s'amoncelèrent sur le noyau solide. Dans les régions où la silice et l'argile prédominaient, les granits et les gneiss furent les premiers à se former. Kirwan nous indique aussi comment les diverses substances que contiennent ces roches, prirent la forme qui leur est particulière. Dans l'ordre de succession qu'il établit, figure d'abord le quartz, puis le feld-spath et enfin le mica. Dans d'autres régions où les mêmes terres élémentaires se trouvaient en proportion différente de celle des ingrédiens granitiques, furent produites des masses siliceuses, savoir, les porphyres, les jaspes, les schistes siliceux, etc. Autre part, comparurent à leur tour les pierres argileuses, amphiboliques, les schistes primitifs et autres pierres d'ancienne formation, suivant les ingrédiens qui prédominaient dans la masse et déterminaient ce grand nombre de cristallisations imparfaites et partielles.

Les substances métalliques que Kirwan regarde comme élémentaires et contemporaines de tous les ingrédiens, et le fer en particulier s'unirent fréquemment au soufre, et de là dérivent les sulfures métalliques qui constituent la majeure partie des minéralisations. Le pétrole plus léger que l'eau, mais retenu dans la masse épaisse du fluide chaotique, se cômbinant avec le soufre et avec le carbone, se précipita avec eux; et de là procèdent les substances charbonneuses primitives. Telle est l'hypothèse du mathématicien, chimiste et minéralogiste Kirwan, sur laquelle nous nous permettrons de faire quelques réflexions.

§ 50. Les terres détrempées dans l'eau, peuvent bien prendre quelquefois des formes régulières, comme on le voit dans les pisolithes et les oolithes (1), et dans quelques stalactites et

---

(1) La différence qu'on remarque entre les pisolithes et les oolithes, consiste en ce que d'ordinaire les premières sont non-seulement plus grandes, mais encore toujours formées de couches concentriques: les secondes au contraire n'offrent que de petits agrégats sphéroïdaux. On regardait autrefois les pierres oolitiques comme des pétrifications d'œufs de poisson. La fausseté de cette opinion étant aujourd'hui démontrée, il paroît qu'on doit distinguer deux espèces de pierres oolitiques, les unes formées par le moyen du mouvement des eaux ainsi que le pensent quelques naturalistes, les autres produites par la pétrification de petites coquilles de forme globulaire (Voy. Soldani, *Testacéographie et Zoophitographie microscopique*, tom. 1, pag. 109, et tom. 2, pag. 4). Blumenbach dans sa dissertation *Specimen archeologiae telluris*, insérée dans le tome 15 de la Société de Gottingue,

stalagmites ; mais ces figures formées par une apposition mécanique de parties, diffèrent beaucoup des formes angulaires et symétriques de la cristallisation, à laquelle répugnent généralement les figures sphériques et les contours arrondis. Les sphères régulières des pisolithes résultent fréquemment du développement des bulles du gaz acide carbonique ou hydrogène ou plus communément hydrogène sulfuré, lesquelles se dégagent du fond fangeux, le plus souvent calcaire, de quelqu'une de ces eaux qu'on appelle thermales ou minérales. Ces bulles transportent les particules terreuses à la superficie du fluide où elles s'aglomèrent successivement en couches concentriques. La petite sphère qui se forme de cette manière, soutenue par l'action du gaz, surnage sur le fluide jusqu'à ce que devenue spécifiquement plus pesante, elle tombe au fond et se mêle avec la fange.

---

assure avoir trouvé de véritables oolithes dans des pierres qui contiennent des pétrifications non d'œufs de poisson, mais d'encrines, anciens corps marins dont on recontre fréquemment les dépouilles dans le Hanovre et dans les environs de Gottingue. Mais les oolithes de Blumenbach, et les petites coquilles globulaires de Soldani pourraient bien n'être qu'une même chose. On observe que les oolithes forment non-seulement des couches d'une grande étendue, mais encore des montagnes entières, phénomène qu'on peut comparer à celui des lenticulaires et des numismales ; ce qui peut servir à nous faire distinguer les pierres oolitiques d'origine marine, d'avec celles qui produites par le mouvement des eaux, n'occupent qu'un très-petit espace.

§ 51. Il y a certainement quelques fossiles de figure sphérique qui semblent avoir été produits par la seule force d'attraction pendant qu'ils étaient encore dans un état de mollesse ; mais dans ce cas l'attraction ne fut modifiée par aucune polarité cristallifique. On croit communément que la figure de ces fossiles résulte du roulement qui a détruit les angles, ou de la décomposition superficielle qui commence toujours par corroder les parties saillantes des polyèdres : mais il est certain qu'il y a des substances qui ont reçu cette forme sphérique dans leur première formation. Les pierres connues sous le nom de brèches d'Égypte, sont considérées comme roulées, cependant en les sciant, soit que la section passe par le grand axe ou par le petit, on voit des couches qui correspondent à la forme de la superficie; ce qui prouve que le corps a été ainsi configuré lors de sa première formation. A la planche *A*, fig. 1, est représentée une brèche d'Égypte qui fait partie de ma collection lithologique. Cette pierre sciée par le milieu dans la direction de sa longueur, présente les sections de plusieurs couches parallèles entr'elles et à sa superficie extérieure. Je possède un autre morceau de la même substance bien plus curieux encore: on en voit le dessin de grandeur naturelle, même planche, fig. 2. La lettre *A* indique la face qui correspond à la section interne, et

Digitized by Google

la lettere *B* la superficie externe de la même pierre. Dans ce morceau, on reconnoît qu'avant que la substance pierreuse passât de l'état de mollesse à celui de solidité, il s'y forma deux centres d'attraction autour desquels la matière se distribua dans une direction presque circulaire; et ces deux centres d'attraction se font remarquer dans les deux faces. On peut dire la même chose de beaucoup d'agates. Les sulfures métalliques globulaires sont encore assez communs : si l'on les casse de manière que la section passe par le centre, on les voit composés de plusieurs pyramides fort déliées dont les sommets se réunissent au centre, et les bases forment la superficie. A ces exemples, on peut joindre les deux suivans, l'un pris du granit globuleux de Corse (1) (*diabase orbiculaire* de Brongniart), qui

(1) Un phénomène fort analogue à celui que présente le granit globuleux de Corse, a été observé par Charpentier dans les Pyrénées (Voy. *Journal des Mines*, février 1813). Il consiste en quelques masses irrégulièrement sphéroidales d'un granit à petit grain, de feld-spath rougeâtre, de quartz gris et d'un peu de mica argentin. La grosseur de ces masses est de quatre pouces jusqu'à deux pieds. Les espaces qui les séparent sont remplis d'un granit de la même pâte, mais plus susceptible de décomposition : quoique leur figure soit sphéroïdale, leurs couches ne sont pourtant pas concentriques. Le même auteur fait mention d'un autre granit, aussi des Pyrénées, qui présente un agrégat des masses sphéroidales de 6 à 18 pouces de grosseur, lesquelles se composent de feld-spath et de quartz disposés en couches parallèles, alternant entr'elles, d'une ligne et quelquefois d'une

se compose de masses ovales d'un à deux pouces de diamètre, formées de couches de feld-spath blanc et d'amphibole verdâtre séparées, concentriques, qui alternent entr'elles (Voy. la planche *A*, figure 3); l'autre tiré de la roche communément appelée *porphyre globuleux* de la même île, décrite par Faujas (*Essais de géologie*, tom. II, pag. 245). Il est donc vrai que la force d'attraction qui anime toutes les parties de la matière, et qui très-souvent influencée par la polarité cristallifique, les dispose en polyèdres réguliers, et en forme des cristallisations, peut encore produire des solides sphériques ou sphéroïdaux, bien que nous ignorions quelles sont les circonstances requises pour la formation de ces figures différentes de celles qui procèdent d'une cristallisation régulière et géométrique (Voy. ce que Haüy a écrit sur la cristallisation indéterminée, tom. I, pag. 135). Mais faisant abstraction de cette recherche, il nous paroît certain que dans l'état de boue aqueuse, les molécules des corps

---

demi-ligne d'épaisseur. Ces masses sont, pour ainsi dire, cimentées par un mica de couleur brun-jaunâtre. Nous ne devons pas passer sous silence ce granit de Finlande qu'on transporte à Pétersbourg pour la construction des édifices, et dans lequel le feld-spath au lieu d'avoir la forme rhomboïdale, est configuré en masse sphérique (Voy. Sewerguine, *Nova acta Academiæ petropolitanæ*, tom. 8) : ni cet autre granit que Humboldt a observé dans les Cordillères, en Amérique, et qui offre des agrégats de sphéroïdes aplatis et divisés en couches concentriques.

Digitized by Google

ne jouissent pas de cette entière liberté qui leur est nécessaire pour former des cristallisations régulières, à moins qu'une pareille opération n'eût lieu dans des espaces que le développement de quelque fluide aériforme aurait rendu vides.

§ 52. Que si nous examinons ensuite dequelle manière Kirwan explique la cristallisation des roches primitives, la difficulté s'accroîtra bien davantage. Après avoir rapporté les analyses connues du quartz, du feld-spath et du mica, substances qui entrent comme parties intégrantes dans la composition des granits et des gneiss, il assigne l'ordre qui a dû régner dans la succession des cristaux, et il établit que c'est le quartz qui s'est d'abord cristallisé, puis le feld-spath, et enfin le mica. Mais pour se convaincre que la cristallisation de ces trois substances fut simultanée, il suffit d'observer la composition et la texture des granits. En effet, si l'eau du fluide chaotique était dans un état de parfait repos, il paroît que les quartz, les feld-spaths et les micas, au lieu de s'entrelacer confusément, comme nous voyons que cela est réellement arrivé, auraient dû se séparer, se précipiter au fond, et prendre une position analogue à la succession de leur formation. Veut-on au contraire supposer que le fluide chaotique était agité ou par quelque mouvement intestin ou par une autre cause quelconque? Alors il n'eut

jamais été possible d'obtenir des cristallisations régulières ainsi que nous l'avons démontré dans le § 17.

§ 53. Les parties du fluide chaotique, suivant Kirwan, se sont précipitées en raison de leur gravité spécifique, savoir, d'abord les plus pesantes, et ensuite les plus légères qui ont formé la croûte du globe, ce qui correspond à la doctrine de Clairaut, de Boscovich et De la Place, lesquels ont déduit des calculs faits sur la loi de gravité, que le noyau de la terre qui commence à quelques lieues au-dessous de la superficie, est composé d'une matière extrêmement compacte. Nous observons que cette distribution qui a pour base les diverses gravités spécifiques, n'eut point lieu par rapport aux roches primitives qui composent la superficie terrestre. Les granits et les gneiss sont souvent remplis de filons métalliques et de masses métalliques qui s'y sont nichées; et cependant la gravité spécifique de ces substances est fort différente de celle des roches qui les contiennent. Dira-t-on que les filons sont des parties de remplissage qui se sont formées dans la suite des temps? Nous exposerons plus bas les motifs qui nous portent à penser le contraire. Du reste, abstraction faite des filons, il serait difficile de nier que ces sulfures métalliques qui quelquefois se trouvent répandus en si grande quantité dans

Digitized by Google

la pâte des granits et de quelques roches calcaires primitives, ne soient d'une origine contemporaine à celle du granit et du calcaire dans le sein desquels ils sont renfermés. Il est bien d'autres réflexions que nous aurons occasion de faire sur cette hypothèse.

§ 54. On ne pourrait admettre la doctrine de Kirwan, que dans les cas où il s'agirait de dépôts qui se seraient effectués dans un fluide et dans un récipient tranquille : mais le contraire doit arriver toutes les fois que la masse entière a un mouvement de rotation. La force centrifuge qui pousse les parties les plus pesantes vers la superficie, sera d'autant plus grande que le mouvement de rotation est plus véloce ; et nous savons que celui de la terre est si accéléré, que chaque point de l'équateur parcourt dans une seconde environ 240 toises. Donc si la fluidité de notre globe eût été aqueuse, les diverses substances dissoutes et tenues dans un état de suspension et de liberté, auraient dû prendre la position analogue à leur gravité spécifique, mais dans un ordre inverse; les plus légères se seraient retirées vers le centre; les plus pesantes poussées par une plus grande force centrifuge, se seraient rangées autour de la superficie ; et le globe serait formé d'autant de couches concentriques graduellement plus légères vers le centre, ce qui répugne non-seulement aux

observations, mais encore aux raisonnemens des mathématiciens. Le globe une fois consolidé, et après que la masse principale de la matière a eu pris cette situation et cette consistance qui lui conviennent, il a pu se former en quelques lieux des dépôts dans le sein d'un fluide, sans que l'effet des diverses gravités spécifiques ait été altéré par le mouvement de rotation de la terre; mais ces circonstances particulières ne sont point applicables à l'état primitif du globe. Suivant Kirwan, le noyau excepté, aucune partie n'était consolidée, et tout le globe n'était autre chose qu'une masse fangeuse dans laquelle une matière fluide tenait rassemblés les élémens des substances futures. Or si l'on réfléchit sur les effets du mouvement de rotation communiqué à cette masse générale fluide ou demi-fluide, il semble que toutes ses parties qui s'unissaient successivement pour la formation des solides, dûrent participer plus ou moins à ce mouvement, suivant leur position respective et leur distance du centre; et qu'étant suspendues dans un fluide, elles devaient se précipiter selon que le requerait leur gravité spécifique combinée néanmoins avec le mouvement de rotation. C'est ce que nous voyons dans la machine des forces centrales; si l'on y place un tube rempli d'eau et incliné à l'horizon, où l'on a mis du mercure et du liége, celui-ci, comme le plus léger,

se retire vers le centre du mouvement et dans la partie basse du tube, pendant que le mercure s'éloigne de ce même centre, et se porte vers la sommité.

§ 55. Si tous les élémens de la matière, si les molécules destinées à former les solides, si les terres simples et les principes chimiques ont été quelque temps suspendus dans cette masse fangeuse que suppose Kirwan, il sera difficile d'expliquer pourquoi et comment ils se sont ensuite séparés et combinés entr'eux pour former les divers composés. Voudra-t-on prétendre que la masse du fluide s'est diminuée au point de ne pouvoir plus empêcher l'action des affinités électives, et de laisser ainsi aux élémens la faculté de se rapprocher ? Mais alors nous demanderons quelle est la cause qui a opéré cette diminution, et quels en ont été les produits, puisque rien ne s'anéantit dans la nature. Kirwan pense, en outre, que les cristallisations formées dans le fluide chaotique, se déposèrent et s'amoncelèrent sur le noyau solide du globe : mais si la partie interne du globe était consolidée depuis le premier moment de son existence, ce n'était pas la peine d'imaginer le fluide chaotique et tous les autres phénomènes qu'on suppose s'être opérés dans ce fluide. Si l'on croyait pouvoir admettre que le globe était solide dans une de ses parties, pourquoi

Digitized by Google

ne serait-on pas autorisé à conjecturer qu'il le fût dans sa totalité ? Nous avons établi dans le § 4, qu'il est probable que notre globe fût fluide dans toute sa masse, et non dans sa seule superficie: la difficulté consiste donc à expliquer comment il s'est consolidé, en passant de l'état de fluidité à celui de solidité. Du reste, de quel principe dérivait la température du fluide chaotique, température que Kirwan suppose très-élevée ? Probablement du feu élémentaire que cet auteur regarde comme contemporain de la création du chaos : mais dans ce cas, il était inutile, ce semble, de faire intervenir un autre principe, savoir, celui de l'eau, puisque le feu seul était capable, comme on le verra ci-après, de donner la forme fluide à la masse terrestre.

§ 56. Qu'on réfléchisse encore que lorsqu'on traite de l'état primitif du globe, on entend parler de cet état dans lequel les élémens de la matière non encore combinés, étaient confusément contenus dans la masse chaotique. Dans cette masse, nous pourrons bien concevoir l'oxigène et l'hydrogène épars et mêlés avec les autres élémens, mais nous ne saurions y supposer leur combinaison préexistante, c'est-à-dire, le fluide aqueux. Que si l'on veut admettre la préexistence d'une seule combinaison, rien n'empêchera qu'on ne suppose encore la préexistence de toutes les autres, et alors, toute recherche ultérieure

serait inutile. Kirwan place les principes chimiques dans la masse fangeuse ; par conséquent il y admet aussi l'oxigène et l'hydrogène. De quelle nature était donc le fluide qui donnait à la masse l'état de boue? Cette difficulté a une force égale contre l'hypothèse de la dissolution et de la précipitation, et contre tout autre système dans lequel on suppose la préexistence de l'eau. Si ce fluide est une substance composée ainsi que cela paroît démontré, comment pourrait-on concevoir son existence à une époque où l'on n'admet que les seuls élémens ? Nous croyons inutile d'avertir que par élémens nous entendons ces substances qui dans l'état actuel de nos connoissances, ne peuvent être décomposées.

§ 57. Enfin dans le § 18, nous avons tâché de démontrer que dans l'hypothèse de la fluidité aqueuse, les molécules des corps destinées à se cristalliser, devaient être dissoutes dans l'eau, ou au moins pour quelque temps tenues dans un état de suspension et d'équilibre par la viscosité de ce fluide. Kirwan admet la cristallisation originaire de la matière terrestre dans la formation des roches primitives, et exclud l'idée de la dissolution. Nous devrons donc concevoir les molécules des corps comme suspendues et en équilibre dans l'eau du fluide chaotique. Mais qu'est-ce donc enfin que ces molécules destinées à former des solides ? Si nous ne voulons point

nous perdre dans les labyrinthes de la métaphysique, nous devrons dire qu'elles sont des solides infiniment petits. Dès-lors il faut, ce semble, une moindre dose d'eau pour tenir en dissolution une certaine quantité de ces mêmes molécules à l'aide d'un dissolvant, que pour les tenir suspendues et en équilibre par le moyen de la seule viscosité de l'eau. Supposons, par exemple, une once de terre calcaire; cette quantité pourra être facilement dissoute dans l'eau à l'aide d'un acide, et la dose d'eau nécessaire pour obtenir cet effet, sera plus ou moins considérable, suivant la nature du sel qui en résultera. Si l'on se sert de l'acide nitrique ou muriatique, une petite quantité d'eau suffira pour tenir en dissolution une assez grande quantité de terre calcaire: que si l'on fait usage de l'acide sulfurique, il en faudra une plus forte dose; car la chaux sulfatée est beaucoup moins soluble dans l'eau que la chaux muriatée ou nitratée. Mais si l'on veut que la même quantité de terre calcaire réduite en poussière aussi subtile que possible, soit tenue en état de suspension et d'équilibre par la seule viscosité de l'eau, de manière qu'elle puisse résister à l'impulsion de la gravité qui tend à la précipiter au fond du vase, il faudra une dose d'eau beaucoup plus grande. D'après ce que nous venons de dire, il nous paroît que dans l'hypothèse de Kirwan,

on va heurter contre une difficulté encore bien plus grave que celle qu'il a voulu éviter, c'est-à-dire, la difficulté de trouver cette masse de fluide qui serait nécessaire pour tenir en dissolution toutes les molécules terrestres, puisque l'état de suspension exige une plus grande quantité de fluide que celle que requiert l'état de solution.

Digitized by Google

CONCLUSION.

§ 58. La difficulté de pouvoir trouver une masse d'eau suffisante pour tenir en dissolution le solide terrestre, ainsi que le moyen de donner une issue à cette masse d'eau qu'il est nécessaire de supposer dans l'hypothèse des neptuniens, est précisément une des raisons qui suggéra à Buffon l'idée que la fluidité primitive du globe a dû être produite par le feu. Nous croyons avoir déjà démontré la justesse de cette idée par des argumens auxquels on n'a pas encore donné de réponse satisfaisante. On s'est dissimulé la force de ces argumens; on a mis l'esprit à la torture pour entasser hypothèse sur hypothèse, et l'on n'a pas cessé de répéter que toutes les roches dont se compose le globe, ont été produites par des précipitations qui se sont opérées dans le fluide aqueux: mais comment une hypothèse si compliquée a-t-elle pu être reçue et adoptée par la presque généralité des naturalistes? Les exemples d'une pareille singularité ne sont pas rares dans les sciences. L'autorité de quelques esprits qui jouissent d'une certaine supériorité, entraîne presque toujours l'assentiment

de toute l'école. Romé de l'Isle, Dolomieu, Saussure, Kirwan, Werner ont soutenu la fluidité aqueuse primitive du globe; leurs nombreux disciples ont répandu en tous lieux cette doctrine, et les naturalistes l'ont embrassée. Je respecte ces illustres auteurs qu'on peut regarder comme les fondateurs de la géologie, et aux importantes recherches desquels cette science doit surtout ses progrès : mais ce respect ne m'empêchera pas de dire avec franchise ce que je pense, et de répéter que toutes les hypothèses géologiques qui ont pour base la fluidité aqueuse, donnent lieu à des difficultés insurmontables (1).

§ 59. Voyons donc si l'hypothèse de la fluidité ignée est plus conforme à l'état actuel de nos connoissances, si elle est sujette à de moindres difficultés, et si elle s'adapte plus naturellement à l'explication des phénomènes. Elle concorde du moins avec l'opinion d'un grand nombre de philosophes. Je ne parle pas des anciens, car se serait se perdre dans le labyrinthe de leurs

(1) Je me flatte qu'on trouvera mon opinion beaucoup plus modérée que celle d'un célèbre géologue écossais, qui a écrit que le système du neptunisme ne peut passer que pour une invention digne de l'un de ces siècles où la saine philosophie n'avait pas encore paru sur la terre, n'avait pas appris à l'homme qu'il n'est que le ministre et l'interprète de la nature, et qu'il ne peut étendre la sphère de ses connoissances au-delà des limites qui, dans l'état actuel des choses, lui sont indiquées par l'expérience et l'observation.

doctrines mystérieuses, que de vouloir démêler la série d'idées qui conduisit Pline à écrire: *Excedit profecto omnia miracula ullum diem fuisse quo non cuncta conflagrarint* (lib. 2, cap. 10); Justin à assurer que *ignis qui cuncta genuit, cuncta possedit..... ignis prima possessio rerum fuit qui paulatim extinctus sedem terris dedit* (lib. 2, cap. 1); et Héraclite et Hippase de Metapont à enseigner environ six siècles avant Pline, que *ignis extinctione universum hoc creatum est.* (Plutarche: *De placit. philos.* lib. 1). Je m'adresse donc aux modernes, à la tête desquels je trouve Leibnitz. Si les idées peu nombreuses qu'il a émises dans sa *Protogea*, se ressentent de la rareté des observations de son temps, elles portent du moins l'empreinte de son génie. C'est dans cette source que l'illustre auteur des *Époques de la nature* puisa ses pensées les plus profondes, et s'il avait eu à sa disposition, cette masse de faits géologiques, physiques et chimiques dont nous avons été enrichis, il aurait considérablement étendu la sphère de nos connoissances, rectifié la solution de beaucoup de problêmes, et reculé les limites d'une science dont il a si bien mérité par l'impulsion que lui a donnée sa séduisante éloquence.

§ 60. L'imagination s'effraye, dit Kirwan, lorsqu'on envisage les conséquences auxquelles nous entraîne l'hypothèse d'une fusion générale

de la matière terrestre. Quel énorme amas de substances inflammables ne faudrait-il pas admettre dans les entrailles de la terre, pour produire ces merveilleux effets, et où prendre la quantité d'air vital ou d'oxigène pour suffire à une si vaste combustion ? Mais nous ne devons pas concevoir de cette manière la fluidité ignée du globe. Si nous voulons considérer la terre comme une masse de matière rendue fluide par l'application du feu, les difficultés que nous oppose Kirwan seront justes: mais dans notre opinion, cette fluidité doit être envisagée sous un aspect différent. Kirwan en parlant du feu élémentaire, le fait contemporain du chaos: ce principe existait donc dans le fluide chaotique ; mais quelle était la nature, la substance de ce feu élémentaire ? Quelle idée devons-nous nous en former ? Si nous voulons raisonner d'après les idées qui nous sont suggérées par les observations, nous devons le concevoir doué de ces caractères que les chimistes et les physiciens modernes attribuent au calorique : ce seul principe nous paroît suffire pour expliquer les phénomènes ainsi que nous l'établirons dans le livre suivant.

§ 61. Tout en adoptant l'hypothèse de la fluidité ignée primitive de notre planète, nous n'entendons pas exclure l'influence de l'eau dans la détermination de ses états postérieurs à la première consolidation. C'est peut-être une erreur

de vouloir expliquer tous les phénomènes par un principe unique. Pourquoi le feu et l'eau ne pourraient-ils pas avoir coopéré à la production de notre terre à diverses époques, par une manière d'agir différente, et quelque fois en réunissant leurs efforts ? Rapprocher les deux systêmes, tel est le projet que nous avons tâché de réaliser. D'après les connoissances que nous avons acquises par l'observation des phénomènes, dans le court période de temps qui répond à notre fugitive existence, ou auquel peuvent remonter nos histoires, nous sommes autorisés à penser que le feu et l'eau sont les deux agens auxquels on doit attribuer les révolutions du globe et les changemens qui se sont opérés dans plusieurs parties de sa superficie. Il nous paroît donc très-probable que c'est à l'influence de ces deux mêmes agens, qu'on doit référer les opérations qui déterminèrent les divers états par lesquels la terre a passé avant d'arriver à celui où elle commença à être habitée et peuplée par les animaux. En géologie, on ne peut pas se dispenser de recourir aux conjectures: puis donc que nous sommes condamnés à faire des songes, tâchons que les notres ressemblent à ceux de l'homme en santé, c'est-a-dire, qu'ils aient un air de vraisemblance, et qu'ils ne soient pas comme ceux des malades dont l'imagination crée des fantômes aussi étranges que contraires à la nature. On a

dit que les géologues persuadent toujours quand ils cherchent à détruire les opinions des autres, mais qu'il est rare qu'ils jouissent du même avantage lorsqu'ils proposent leurs propres opinions. C'est aux lecteurs impartiaux à juger si je suis dans ce cas. Je les prie seulement de ne pas perdre de vue que je n'ai point la prétention de vouloir établir un systême, comme on me l'a attribué; je ne me suis proposé au contraire que d'exposer quelques conjectures et la manière dont nous pouvons concevoir la consolidation de notre planète, puisqu'il me paroît que j'ai suffisamment prouvé que cette planète a été originairement dans un état de fluidité, et que cette fluidité primitive n'a pu procéder de l'eau.

FIN DU LIVRE PREMIER.

Digitized by Google

LIVRE II.

DE LA FLUIDITÉ IGNÉE PRIMITIVE DU GLOBE.

CHAPITRE XII.

Existence du calorique.

§ 62. Nous ne pouvons penser au feu, sans que notre esprit ne se reporte aussitôt aux idées de flamme, d'embrasement, d'amas de matières combustibles, etc. Mais outre le feu matériel, libre, sensible, thermométrique, qui tantôt s'allume et tantôt s'éteint, et n'a par conséquent qu'une existence passagère, il y a dans la nature une immense quantité de feu qui circule tranquillement, demeure caché parmi les plus petites particules des corps, est sujet aux lois des affinités, et ne se manifeste à nos sens, que lorsque la constitution physique des substances vient à subir quelque changement notable. C'est ce feu qui à été appelé *feu élémentaire* par quelques physiciens, *fluide igné, matière de la chaleur* par d'autres, et auquel les chimistes modernes ont donné la dénomination de *calorique*,

pour distinguer la cause indiquée par ce terme, d'avec les effets exprimés par le mot *chaleur*.

§ 63. Nous aurons bientôt occasion de parler du calorique *libre* et du calorique *latent:* nous nous bornons pour le présent à faire observer que par calorique *libre*, on entend celui qui est sensible et produit la dilatation des corps ; et par calorique *latent*, celui qui ne devient sensible que par le changement de l'état du corps qui le contient. Si pendant une nuit très-froide, on expose à l'air un vase rempli d'eau et dans lequel on a placé un thermomètre, on verra que l'eau conserve son état de fluidité même à la température de 4 à 5 degrés au-dessous de zéro, et que lorsqu'elle commence à se glacer, le thermomètre remonte au zéro, où il demeure stationnaire (1). Il y a donc dans l'eau fluide une certaine quantité de calorique qui y est, pour ainsi dire, cachée et latente, qui est le principe de sa fluidité, et ne devient sensible que lorsqu'il s'opère un changement notable dans l'état de l'eau. Le calorique a par conséquent deux divers modes d'existence, c'est-à-dire, qu'il peut exister dans l'état de liberté ou dans celui de

(1) Si l'on met l'eau dans un vase couvert, et qu'on verse de l'huile sur la surface de cette eau, elle pourra recevoir une température de - 11 et même de - 12 degrés de Réaumur, sans se congeler; mais si l'on vient à secouer un peu le récipient, elle se glace aussitôt.

combinaison : dans le premier cas, il est capable d'exciter la sensation de la chaleur et de produire la dilatation des autres corps, modifications qu'on a désignées par les termes de *calorique libre et non combiné, de calorique de température*, etc. ; dans le second cas, le calorique perd ses propriétés caractéristiques, il se dérobe à nos sens, et le thermomètre ne peut le faire reconnoître, mais dans les corps qui le recèlent, il produit des changemens considérables et quelquefois permanens.

§ 64. Si par quelque expérience décisive, il était possible de démontrer la pesanteur du calorique, comme on démontre celle des fluides aériformes, son existence n'admetterait alors aucun doute, et il serait généralement regardé comme une substance *sui generis*. Plusieurs physiciens se sont occupés de cet objet. Les expériences de Fontana étaient si exactes, que si la pesanteur du feu dans son état de pureté, avait été la millième partie de celle de l'air, elle n'eût pu échapper aux ingénieuses recherches de cet habile chimiste. Dans la Bibliothèque britannique, janvier 1811, on rapporte une expérience faite par De Sanctis, laquelle tendait à démontrer que le calorique libre rayonnant obéit à la loi de gravité comme tous les autres substances. On a tâché encore d'évaluer le poids du calorique qui se développe, en mêlant dans

Digitized by Google

un appareil hermétiquement fermé, de l'eau avec l'acide sulfurique, substances dont on avait exactement vérifié le poids avant d'effectuer leur mélange, et qu'on a pesées de nouveau après que l'appareil a été entièrement refroidi. Mais comme ces deux expériences quoique répétées par des physiciens très-éclairés, n'ont point donné des résultats assez sûrs, nous ne croyons pas devoir insister sur un point qui peut être susceptible de quelque difficulté. Nous observons néanmoins que si le calorique est une substance dont on n'a pu jusqu'à présent constater la pesanteur; ce n'est pas une raison pour en nier l'existence. Nous ignorons quel est le plus haut degré auquel puisse être portée la subtilisation de la matière, et nous ne saurions douter de l'existence des fluides électrique, lumineux, magnétique, quoique nous ne puissions déterminer le poids et la gravité qui tiennent ces substances comme enchaînées au système des corps terrestres. Concluons donc avec Fourcroy, que les chimistes qui observent la manière d'agir du calorique, qui en déterminent jusqu'à un certain point la quantité, ou qui assignent du moins en quelle proportion il se trouve dans les différens systèmes des corps comparés ensemble, et qui en évaluent encore les diverses attractions, ont mille moyens d'accumuler les preuves qui démontrent que le calorique est une matière existante par elle-même,

une substance *sui generis*, répandue avec une extrême profusion dans notre globe, et que c'est d'elle que dépendent la plupart des phénomènes de la nature.

§ 65. Le Comte de Rumford dont l'autorité est d'un grand poids en matière de physique, s'est élevé contre cette opinion, et a cherché à rétablir l'ancienne doctrine dynamique de Bacon, des Carthésiens, de Boërhaave et d'Euler, qui expliquaient les phénomènes produits par le calorique, en supposant un mouvement de vibration dans les molécules des corps, mouvement susceptible de se propager et d'agir sur nos sens. Son principal argument fondé sur des expériences très-ingénieuses, est que dans le frottement on a une source inépuisable de chaleur qui continue à se manifester et à se répandre dans les corps contigus, aussi long-temps que dure le frottement, précisément comme une cloche frappée donne toujours du son, tandis qu'une éponge imbibée d'eau, peut bien d'abord communiquer son humidité aux corps ambians, mais sèche après quelque temps. Berthollet dans la *Statique chimique*, embrassant la doctrine de l'existence du calorique, a tâché d'expliquer l'expérience fondamentale de Rumford, et de rendre raison du calorique qui se dégage de deux hémisphères métalliques posés l'un sur l'autre, se touchant par leurs bases, et à l'aide d'un mécanisme soumis à un frottement

continuel. Cependant comme Rumford ne s'est pas rendu aux raisons de Berthollet, et que dans la *Notice historique* jointe à ses *Opuscules sur le calorique*, réimprimés à Paris en 1804, après avoir répondu aux argumens de Berthollet, il persiste à demander qu'on lui indique la source de cette chaleur qui se manifeste pendant le frottement, je me permettrai d'ajouter ici quelques réflexions à ce qui a été écrit par Berthollet.

§ 66. Le conducteur d'une machine électrique ne cessera de donner de l'électricité, tant que durera le frottement des coussinets contre le cylindre ou le disque, parce que si le conducteur perd successivement de cette électricité, la machine en retire tout autant du réservoir général et de tout le système des corps avec lesquels elle communique. Le courant du fluide électrique est sensible au point par lequel il sort du conducteur ; l'atmosphère électrique est également sensible à une petite distance du conducteur et de la machine; mais la circulation du fluide électrique qui s'échappe du système des corps communicans pour aller remplacer celui qui se perd par le conducteur et par la machine, est insensible. Si d'après ces faits constatés par l'expérience, on ne doute nullement de l'existence de la matière électrique, il nous paroît que par raison de similitnde, on ne peut s'empêcher de reconnoître l'existence du calorique qui se développe

par le frottement. Les particules d'un corps au moment qu'elles subissent la compression et le frottement, changent de capacité et se restreignent à un moindre volume : par-là, leur affinité avec le calorique diminue, et par-là aussi cette partie du calorique qui se trouve superflue à cause du nouveau degré d'affinité et de capacité, devient sensible et produit la chaleur. C'est ainsi qu'une lame de métal sous la percussion du marteau ou en passant dans la filière, acquiert plus de densité et en même temps s'échauffe, parce qu'elle rejette au dehors la partie de calorique devenue surabondante par rapport au nouvel état de densité. Cette partie de calorique une fois libre et sensible, passe dans les corps voisins, s'unit avec eux et disparoît par suite de sa dispersion: le moment d'après, la compression agissant sur d'autres parties du corps, produit les mêmes effets. Que si cette compression vient à cesser, et que les particules qui l'ont subie, retournant à leur premier état recouvrent leur capacité primitive, alors ayant besoin de reprendre autant de calorique qu'elles en ont perdu, elles reçoivent le calorique qui leur manque, des corps avec lesquels elles sont en contact. C'est de cette manière que dans tout le système des corps communicans, il s'établit une circulation insensible de calorique, dirigée vers le point du frottement, où le calorique latent est, pour ainsi dire,

pressuré à mesure que le corps acquiert plus de densité. De même qu'un corps auquel on enlève la quantité d'électricité qui lui est assignée par sa nature, reprend insensiblement des autres corps avec lesquels il est en contact, cette quantité d'électricité dont il a été dépouillé ; de même si par quelque opération physique, on change le degré d'affinité qu'un corps a avec le calorique, ce calorique ne se trouvant plus dans l'état d'équilibre, se rend sensible, et le même corps reçoit des autres corps ou leur communique une dose de calorique suivant que le changement de l'affinité est en plus ou en moins.

§ 67. Dans une de ces conférences familières que j'ai le plaisir d'avoir quelquefois avec notre illustre physicien Volta, je lui proposai cette idée à laquelle il n'accorda pas d'ailleurs son entier assentiment, par la raison que les corps contigus aux parties soumises au frottement, devraient être défectifs, vu qu'ils seraient dans un état de perte continuelle ; et qu'on voit au contraire qu'ils surabondent de calorique, de manière qu'ils semblent bien plus en état de donner que de recevoir. A ce sujet, M.r Volta me proposa une autre solution à la question de Rumford, solution très-ingénieuse et qui peut concilier les deux différens systèmes, savoir, le système chimique et le système dynamique. On doit, disait-il, calculer l'intensité de la chaleur d'après sa quantité, et

encore d'après la vélocité du mouvement et de la vibration qu'elle reçoit. Les deux corps venant à subir un frottement réciproque, leurs quantités matérielles de chaleur ne changent pas, mais elles reçoivent un mouvement de vibration et une impulsion qui font qu'elles produisent un effet sensible plus grand : car accroître la quantité de la matière calorifère sans ajouter à l'intensité et à la fréquence des vibrations, ou multiplier celles-ci sans augmenter la quantité de la matière calorifère, c'est obtenir diversement le même résultat. Les physiciens choisiront l'explication qui leur paroîtra la plus naturelle et la plus satisfaisante. Il nous suffit d'avoir indiqué quelque solution du problême de Rumford, avec lequel il semblait qu'on voulût détruire l'existence du calorique, quoique cette existence soit démontrée par une foule de raisonnemens qu'il serait inutile de rapporter ici, puisqu'on en peut voir l'exposition et le détail dans beaucoup d'ouvrages des chimistes modernes.

§ 68. Thomson dans son *Système de chimie*, tom. 2, pag. 305, assure qu'on n'a pas encore donné de réponse satisfaisante à la question de Rumford ; et à la pag. 307, il insinue qu'il est porté à croire que l'électricité peut être la source de la chaleur qui se manifeste dans le frottement. Prévot dans son ouvrage sur le *Calorique rayonnant*, imprimé à Genève en 1809,

Digitized by Google

réfute, à la note *C*, l'objection de Rumford contre l'existence du calorique, par des raisonnemens à peu près semblables à ceux dont j'ai cru devoir faire usage : il distingue deux états sous lesquels le calorique existe dans les corps, savoir, l'état de *simple saturation* et celui de *supersaturation*. Si l'on soustrait d'un corps, la quantité de calorique nécessaire pour le saturer, il la reprend aux autres corps voisins. Il est probable qu'en frottant un corps, on lui enlève quelques parties de son feu de saturation, et que les corps contingus tels que le milieu ambiant, les soutiens de la machine etc., remplacent ce qui lui manque pour être saturé. Nous devons donc distinguer dans notre planète deux espèces de chaleur, savoir, la chaleur de *température* et celle que je nommerai de *composition*. La première est toujours sensible et dépend de l'action ou du soleil ou des autres corps enflammés: la seconde est toujours latente, ou pour parler avec plus de précision, c'est celle qui constitue le calorique, lequel toujours relatif à la constitution physique des corps, devient chaleur ou se rend sensible lorsqu'il s'opère quelque changement dans cette même constitution physique des corps. L'action du soleil et de ces corps que nous appellons échauffans, ne consiste probablement que dans la faculté qu'ils ont de produire dans les substances, cette modification qui est nécessaire

pour que le calorique qu'elles contiennent, se développe et devienne libre et sensible. Ainsi on peut comparer la chaleur à l'eau qui est sensible dans l'état d'humidité, et latente dans la composition de certains corps où ce n'est que par des procédés chimiques qu'on parvient à la reconnoître. En examinant un bel échantillon de vawellite d'Angleterre, qui dirait que cette substance contient un 28 pour $\frac{0}{0}$ d'eau? Au premier aspect, ce fait paroît aussi invraisemblable que celui qui se vérifie dans une atmosphère assez froide pour que le mercure s'y congèle, et qui néanmoins contient dans ses élémens une quantité de calorique capable de fondre les métaux.

Digitized by Google

CHAPITRE XIII.

Réflexions sur les principales propriétés du calorique.

§ 69. Quoique le calorique ainsi que la lumière, la matière électrique et le fluide magnétique, ne soit point pondérable, cette circonstance n'empêche pas que les phénomènes de la chimie, comme nous l'avons déjà observé, ne nous démontrent qu'il existe réellement dans cette multitude de substances dont notre globe se compose; et si l'on voulait regarder cette opinion comme une hypothèse, ce serait toujours une hypothèse qui ne répugne nullement aux principes de la physique, et qui fournit des explications aussi simples que satisfaisantes à une foule de phénomènes de la nature. Nous croyons donc pouvoir partir de cette hypothèse, comme d'un point sinon invariablement déterminé, du moins assez fixe pour que nos conjectures présentent le plus haut degré de probabilité. Parmi les propriétés que les chimistes reconnoissent dans la substance du calorique, nous en signalerons deux qui nous intéressent principalement à cause du rapport qu'elles ont avec l'état primitif de la terre. La première de ces propriétés

est l'incoercibilité du calorique ou son éminente élasticité. S'il n'existait dans la nature que la seule force d'attraction, il n'y aurait que des corps solides et compactes: mais le calorique tend sans cesse à rompre l'adhésion des molécules, et c'est à lui qu'est due cette variété de consistance que nous observons dans les corps. Toutes les substances dont l'univers se compose, sont donc soumises d'un côté à la loi générale de l'attraction qui fait effort pour les rapprocher, et de l'autre, à l'action d'un agent efficace qui tend à les séparer, à les éloigner les uns des autres, et à les placer hors de la sphère de leur activité chimique. Le degré de consistance des corps dépend donc de l'énergie relative de ces deux forces: lorsque l'affinité prévaut, les corps sont dans l'état de solidité; et au contraire ils passent à l'état de gaz, si le calorique l'emporte; en sorte, que l'état de fluidité paroît être comme le point d'équilibre entre ces deux mêmes forces.

§ 70. Nous avons déjà dit § 2 et 8, qu'abstraction faite de la pression atmosphérique, l'état fluide ou gazeux des corps dépend du calorique, et que suivant que le calorique s'unit à un corps en quantité plus ou moins considérable, selon le degré d'affinité qu'il a avec ce corps, celui-ci passe de l'état de solidité à celui de fluidité soit gazeuse, soit vaporeuse. Les solides qui ont une moindre affinité avec le calorique, en requièrent

une moindre dose pour devenir fluides, et même pour prendre la forme vaporeuse; leur capacité étant moindre, ils sont plutôt saturés. Au contraire cette quantité de calorique qui sera capable de donner, par exemple, à l'eau la forme gazeuse, ne suffira point pour produire le même effet sur l'oxigène avec lequel le calorique a une plus grande affinité. Il n'y a que cette force d'affinité qui soit capable de fixer le calorique dans une substance, et l'action d'un corps doué d'une plus grande affinité, peut seule forcer le calorique à se départir de cette substance. Notre atmosphère serait réduite à une masse inerte et solide, s'il était possible de lui enlever le calorique, qui, se trouvant fixé dans les gaz dont elle se compose, donne à ces gaz la forme élastique permanente. Mais un pareil effet ne pourrait être produit que par l'action de quelque substance, qui, ayant avec le calorique une affinité plus grande que celle qui existe entre l'oxigène ou l'azote et le calorique, obligerait celui-ci à se séparer de l'oxigène ou de l'azote, et à entrer avec elle-même dans une nouvelle combinaison. Le même effet pourrait être encore occasionné par une pression extraordinaire qui donnerait à l'air une extrême densité, changerait sa capacité et le degré d'affinité qu'il a avec le calorique, dont la partie devenue surabondante se changerait en chaleur et se dissiperait. L'état

Digitized by Google

aériforme de l'atmosphère est dû à la chaleur (Voy. La Place, *Exposition du systême du monde*, édition 2.e, pag. 91), et la fluidité de l'océan est due à la pression de l'atmosphère et à la chaleur: celle-ci s'oppose à la congélation de l'eau, et l'autre l'empêche de prendre la forme gazeuse.

§ 71. La seconde propriété du calorique est suivant l'état actuel de nos connoissances, son extrême simplicité. De Luc (*Idées sur la météorologie*, tom. I, pag. 109) considère le calorique comme une vapeur composée d'une matière pesante, tenue en suspension par la lumière; et dans ses *Élémens de géologie*, il suppose que la matière solide du calorique était unie aux autres élémens qui formaient la masse primitive de la terre, sans produire dans ces élémens ni chaleur, ni fluidité, parce que n'étant pas encore combinée avec la lumière, elle était privée des qualités caractéristiques du feu. Une semblable doctrine touchant les élémens du feu et la composition du calorique, n'a pour appui aucune conjecture plausible; il y a plus, elle est sujette à une foule de graves difficultés. On peut voir dans les §§ 927 et 928 des *Voyages dans les alpes* par Saussure, qui était le compatriote et l'ami de De Luc, que les idées que celui-ci avait sur la nature de feu, n'étaient rien moins que conformes aux phénomènes de la nature.

Digitized by Google

§ 72. L'analogie qui se fait remarquer parmi un grand nombre de phénomènes produits soit par le calorique, soit par le fluide électrique, pourrait porter à croire que ces deux substances sont à peu près de la même nature. L'étincelle électrique enflamme le mélange du gaz oxigène avec le gaz hydrogène, d'où résulte la formation de l'eau; une élévation de température produit le même effet: l'une et l'autre facilitent également l'évaporation, accroissent la légèreté spécifique des fluides élastiques, décomposent l'ammoniaque, favorisent la combinaison de l'azote avec l'oxigène ou la production de l'acide nitreux, et enfin provoquent l'inflammation des liqueurs spiritueuses, le dégagement de l'hydrogène de l'éther, des huiles et de l'alcohol, l'oxidation des métaux, etc. Mais le savant auteur de la *Statique chimique* observe avec juste raison, que de l'identité de ces effets, il ne faut pas conclure que les agens qui les ont produits, soient de même nature; et l'observation semble prouver qu'il existe entr'eux une différence essentielle, puisqu'il n'est qu'un très-petit nombre de changemens de température que nous puissions attribuer au fluide électrique. Celui-ci est certainement une des substances les plus simples que nous connoissions dans notre planète, et les plus habiles physiciens n'ont encore pu en déterminer la pesanteur. Cependant il est généralement

Digitized by Google

reconnu qu'on n'a pas démontré jusqu'ici que le fluide électrique soit une substance simple, et l'on doute s'il n'est pas composé de deux différens fluides, savoir, du fluide électrique vitreux et du fluide électrique résineux. En admettant l'identité du fluide électrique avec celui auquel on a donné le nom de fluide *galvanique*, les expériences de la pile de Volta semblent très-favorables à l'hypothèse des deux électricités, puisqu'elles démontrent deux courans différens dirigés aux deux pôles, et qui transportent avec eux les principes des substances décomposées par l'action de cette machine singulière : mais le célèbre physicien qui est l'auteur de cette même machine, m'a assuré plusieurs fois qu'il ne pense pas que les effets observés dépendent de l'impulsion de deux courans différens, et qu'il croit au contraire que ces effets sont produits par les affinités électriques d'un seul fluide.

§ 73. L'opinion de ceux qui regardent la matière du calorique comme identique avec celle de la lumière, nous semble bien plus vraisemblable. Dans la *Statique chimique*, § 128-131, on rapporte les expériences très-intéressantes de Rumford sur les effets de la lumière solaire, effets parfaitement analogues à ceux produits par le calorique. On peut réduire ces expériences à deux classes. Les premières sont celles dans lesquelles, par le moyen de la lumière solaire ou du

calorique, Rumford a obtenu de la dissolution de l'or, une couleur de pourpre, et de la dissolution de l'argent, une couleur jaune tirant sur le brun: les secondes sont celles dans lesquelles, par les mêmes moyens, c'est-à-dire, par ceux de la lumière solaire et du calorique, il a opéré la réduction de ces métaux; en sorte que des expériences de ce savant physicien, on peut déduire cette conséquence qu'en variant l'intensité ou de la lumière ou du calorique, on parvient à obtenir des effets entièrement semblables. Comme le fluide lumineux se décompose au prisme, et qu'il résulte probablement des rayons calorifères, colorans et désoxigénans, on peut présumer que le calorique est encore une matière composée de principes différens, et qu'il renferme, pour me servir des expressions de Berthollet, plusieurs substances réellement différentes, et est un genre auquel appartiennent plusieurs espèces.

§ 74. Cette opinion a une certaine analogie avec celle de quelques autres physiciens modernes qui regardent le calorique et la lumière comme le produit de deux modifications du même corps, savoir, du feu. Dans le calorique, le feu est plus divisé, plus épandu et doué d'un mouvement plus lent; il frappe les corps avec moins de force, les fait mouvoir avec moins de vivacité, et pour qu'il puisse produire dans ces corps des effets sensibles, il est nécessaire qu'il s'y

accumule peu à peu. Dans la lumière au contraire le feu est plus dense, plus actif; son agitation est plus impétueuse; il frappe les corps avec plus d'énergie, et les premiers élans de son action sont toujours suivis de quelque effet. Le feu se développe et se manifeste comme chaleur, lorsqu'il est lentement chassé des corps qui le contiennent; mais il resplendit comme la lumière, lorsqu'il sort avec rapidité des substances qui en sont composées, lorsqu'étant fortement comprimé, il s'élance hors de leur sein, lors enfin qu'il reçoit un mouvement accéléré (Voy. *Fourcroy*, sect. II, art. 3, § 24).

Toutes ces opinions ne sont que de simples conjectures, de pures hypothèses plus ou moins probables; et quelque perfectionnées que soient aujourd'hui les analyses chimiques, quelque multipliés que soient les moyens de la science expérimentale, on n'est pas encore parvenu à décomposer le calorique, en sorte que nous le pouvons considérer comme une substance simple ou du moins comme une substance jusqu'à présent indécomposée.

CHAPITRE XIV.

Il est très-probable que le calorique existait dans le mélange primitif des élémens terrestres.

§ 75. Je suppose que le calorique, substance des plus simples que l'on connoisse, existait parmi les matières élémentaires qui composaient notre globe depuis les premiers momens de son existence : et si on le conçoit également répandu dans la masse de toute la matière, il est naturel de penser qu'il devait lui communiquer ce degré de fluidité qui était proportionné à sa quantité, fluidité que je désignerai par le mot *ignée* pour en exprimer la cause. Je prie ici le lecteur de méditer quelques instans avec une attention réfléchie sur cette hypothèse. Si notre planète a été fluide, et s'il n'est pas possible d'expliquer sa fluidité par le moyen de l'eau, je ne vois pas d'autre manière plus facile de rendre raison de cette fluidité, que d'imaginer le feu élémentaire répandu dans toutes les parties de la matière primitive. Ici il ne s'agit ni d'embrasemens volcaniques, ni de combustions dont l'oxigène est l'aliment nécessaire ; nous parlons d'une fluidité générale produite par une matière éminemment fluide, qui est la seule cause de la fluidité des

corps auxquels elle s'unit ou avec lesquels elle se combine, et qu'on suppose répandue dans toute la masse des substances élémentaires, matière ou substance que nous désignons par la dénomination de *feu élémentaire.* Ainsi nous posons en principe que le calorique communiqua à la masse terrestre cette fluidité qu'il entretient maitenant dans toute la masse des eaux: car il est certain que la fluidité des eaux dépend du calorique (Voy. § 63), phénomène qui n'a pour nous rien d'étrange, et que nous concevons aisément, sans qu'il soit nécessaire d'imaginer un feu matériel destiné à maintenir la mer dans l'état de fluidité. Si, d'un autre côté, sans le concours d'aucune combustion matérielle, le calorique entretient l'état fluide gazeux de l'atmosphère, pourquoi aurions-nous de la répugnance à admettre que le même principe ait pu donner à la matière terrestre une bien moindre fluidité ?

§ 76. Notre hypothèse ne répugne point au système des neptunistes, puisque dans leur fluide chaotique, ils supposent l'existence des principes de tous les corps parmi lesquels le calorique doit certainement occuper une place distinguée. De Luc bien que partisan de la dissolution et de la précipitation aqueuses, a aussi reconnu la nécessité de faire intervenir le feu dans l'état primitif de la terre. Voici de quelle manière il s'explique à la pag. 85 de ses lettres à Blumenbach:

« L'époque à laquelle commencèrent toutes les » opérations dont nous trouvons des monumens » sur notre globe, fut celle où sa masse vint » à être pénétrée d'assez de feu pour y produire » la liquidité dans la substance de l'eau, et » donner au liquide qui se forma alors, et qui » contenait tous les élémens des autres substan- » ces connues, la température nécessaire à leur » combinaison chimique. » Il semble que l'idée de De Luc a été de concevoir toute la matière terrestre dissoute dans un liquide dont la température était très-élevée, par une dose correspondante de feu ou de calorique. Mais de quelle source dérivait la chaleur qui, suivant De Luc, avait donné au fluide dissolvant un degré de température très-élevé? Cette chaleur ne provenait certainement pas des combustions d'une nature semblable à celle que nous connoissons; car il est bien difficile d'imaginer une combustion assez grande pour pouvoir échauffer à ce point toute la masse du globe. En outre, pourquoi supposer simultanément deux substances, savoir, l'eau et le feu, et faire concourir deux causes, lorsque le même effet peut être produit par la seule action du feu? Une des premières règles de la philosophie est celle qui prescrit de ne pas multiplier les moyens sans nécessité, de ne pas faire avec plus ce qu'on peut obtenir avec moins. Il est vrai que De Luc à suite du passage

cité, assure que nos connoissances géologiques ont banni, par rapport à la terre, toute idée de fusion semblable à celle du verre et des métaux, excepté dans les volcans; mais ces fusions vitreuses et métalliques procèdent évidemment de combustions ordinaires et communes, alimentées par des matières inflammables et combustibles; tandis que la fusion dont nous parlons, dépend uniquement de l'interposition des particules calorifères ou du feu élémentaire parmi les parties de la matière terrestre.

§ 77. D'autres géologues on reconnu la nécessité de la coopération du calorique dans la première formation du globe, et La Métherie tom. 3, pag. 340, assure que la chaleur primitive est l'origine de la chaleur centrale du globe terrestre; il considère cette assertion comme un *principe certain*, quoiqu'il semble, comme nous aurons occasion de l'observer ailleurs, que notre globe dans l'état actuel des choses, n'a d'autre chaleur libre, thermométrique et sensible que celle qui lui vient du soleil ou que peut lui procurer l'action de cet astre (Voy. § 68). L'auteur précité se proposant ensuite la question de chercher quelle était la cause de cette chaleur primitive, ajoute : « Cette cause doit tenir aux combinaisons » premières de la matière, qui, si elles n'avaient » eu dans le principe une chaleur quelconque, » seraient restées dans l'inertie; car elles tendent

» toujours à se combiner, et se combinent dès » qu'elles sont abandonnées à leurs propres forces. » Le calorique dont l'activité et la force de ré- » pulsion sont prodigieuses, empêche ces com- » binaisons, tient l'eau et la plupart des autres » fluides à l'état de liquidité, et entretient le » mouvement dans toute la nature. On ne saurait » donc douter que lors de la première forma- » tion des globes et du notre en particulier, » toutes les parties qui les composent, n'eussent » un degré quelconque de chaleur. » Ce degré a été évalué par La Métherie, supérieur à celui de l'eau bouillante. Il y a certainement quelque obscurité dans son raisonnement, et l'on a de la peine à comprendre de quel principe devait résulter la chaleur primitive de la terre, à moins qu'on ne veuille admettre une pétition de principe, c'est-à-dire, que la matière dont se composait le globe dans son premier état, était chaude parce qu'elle devait être chaude. Au contraire si nous considérons le calorique comme une substance *sui generis*, ainsi que le sont l'azote, l'oxigène, l'hydrogène, les terres simples, les métaux, etc., on conçoit sans aucune difficulté, qu'il devait exister en même temps que ces matières, communiquer à la masse dans laquelle il était répandu, une température proportionnée à sa quantité, produire des effets dans cette masse et lui imprimer les caractères correspondans à sa quantité et à son intensité.

§ 78. Si l'on y réfléchit bien, on se convaincra que notre hypothèse coïncide avec celle des neptunistes, relativement à un point très-essentiel, savoir, que les élémens de toutes les substances étaient réunis et mêlés dans un fluide. La divergence de ces deux hypothèses consiste en ce que les neptunistes veulent que le fluide dissolvant fût *aqueux*, tandis que nous croyons au contraire qu'il devait être *igné*. Kirwan pense que le feu élémentaire existait dans le chaos (Voy. § 49). Mais quelle idée pourrons-nous nous former de ce feu élémentaire, si nous ne le supposons tel que l' universalité des physiciens conçoit le calorique ? Et si ce principe existait dans le mélange encore confus des élémens, quelle raison peut-on avoir de prétendre que ce même principe était inerte et dépouillé de toute faculté d'agir ? En outre, nous pouvons décomposer l'eau et la réduire à ses principes, tandis que pour obtenir le même effet sur le calorique, tous les moyens chimiques ont été jusqu'ici sans succès. Il semble donc que lors de la première formation de notre planète, l'eau ne devait pas exister, ou pour mieux dire, qu'il n'y avait que les élémens dont elle se compose, qui existassent dans la masse générale. Quant au calorique, l'hypothèse qui suppose son existence à la même époque, concorde beaucoup plus avec l'état actuel de nos connoissances ; et comme ce calorique,

substance éminemment élastique, communique la fluidité à toutes les matières auxquelles il s'unit en quantité proportionnée à leur affinité, il paroît beaucoup plus probable que cet amas d'élémens primitifs solides fût un composé fluide, puisqu'il contenait aussi la matière calorifère, qui est l'unique source de toute fluidité.

§ 79. Deux ans après la publication de mon *Introduction à la géologie*, Smithson-Tennant, savant chimiste anglais, proposa à la Société royale de Londres quelques-unes de ses idées sur l'origine de la terre, desquelles on a inséré une courte analyse dans le vol. 54 de la *Bibl. brit.*, octobre 1813. Suivant cet auteur, notre planète était originairement un soleil ou une comète, et passa à son état actuel par la combustion qu'elle éprouva à sa superficie. Les volcans anciens et modernes sont des restes de cette combustion générale, à laquelle servirent d'aliment les bases métalliques des matières terreuses dont se composent les couches primitives. L'auteur prouve que ces couches ont été formées par l'effet de la combustion, en faisant observer que les amphiboles, les grenats et autres matières pierreuses cristallisées qu'on trouve dans ces mêmes couches, ne contiennent point d'eau ou n'en contiennent du moins que très-peu, et qu'il n'y en a presque pas du tout dans les substances primitives, comme nous l'avons déjà dit

dans le § 37. Que notre globe ait été originairement dans un état de fusion, c'est l'opinion qui me paroît la plus probable, et que j'ai toujours soutenue. L'idée que les bases métalliques des matières terreuses qui composent maintenant les couches primitives, servirent d'aliment à cette combustion générale, est une application ingénieuse des principes de Davy. Nous ne croyons pourtant pas que les volcans aient aucun rapport avec la combustion générale dont il s'agit ici; et la doctrine de Davy ne nous semble pas fournir d'explication satisfaisante relativement aux phénomènes volcaniques. Nous pensons que la fluidité primitive de notre globe fut ignée, mais non de cette nature qui appartient aux combustions, c'est-à-dire, aux combinaisons de l'oxigène avec certaines substances. Puisque Smithson-Tennant est d'accord avec moi touchant l'idée fondamentale, savoir, la fluidité ignée primitive de la terre, je laisse au lecteur le choix de celui des deux modes qui lui paroîtra le plus propre pour rendre raison de la fluidité dont il est ici question, ou pour concevoir comment elle a pu s'opérer. Le chimiste anglais propose la combustion des bases métalliques des matières terrestres, ce qui suppose l'existence de l'atmosphère ou d'une matière qui ait pu fournir l'oxigène: moi, au contraire, j'admets l'hypothèse d'une fluidité ignée qui me semble plus facile à

concevoir, puisqu'elle est l'effet de la diffusion de la matière calorifère dans la masse terrestre et dans l'amas confus de tous les élémens.

§ 80. Voulant donc remonter du moins autant que nos conjectures peuvent le permettre, à l'état primitif de notre globe, il paroît que nous devons concevoir ce globe comme un amas de toutes les substances simples combustibles, terreuses, métalliques, et de tous les principes chimiques. Les élémens de cette masse informe, animés par l'attraction, tendaient à s'unir; mais le calorique disséminé parmi ces élémens, les retenait dans cet état d'agitation, de mouvement et de confusion qui a été si heureusement représenté par l'allégorie du chaos. Peut-être cet état chaotique est-il encore celui de quelqu'autre corps céleste de nostre système planétaire? Selon Bailly, la superfice de Jupiter éprouve des changemens sensibles, et qui semblent indiquer que cette grosse planète est encore dans un état d'instabilité et de bouillonnement. Newton (XIe question d'optique) a pensé que le soleil et les étoiles fixes sont de grandes terres prodigieusement échauffées, et dont la chaleur est conservée par l'immensité de leur corps, à cause de l'action et de la réaction réciproques qui existent entr'elles, et de la lumière qu'elles répandent. Toutes les parties de ces corps sont préservées de la combustion non-seulement par leur fixité, mais

encore par l'immense pesanteur et l'extrême densité de leurs atmosphères qui exercent sur elles la plus forte compression. On peut donc sans être obligé de recourir à l'état de combustion, supposer avec Newton, l'existence d'un corps céleste prodigieusement échauffé. Du reste, on ne voit pas trop à quelle cause ce grand philosophe attribuait l'origine de cette excessive chaleur des corps célestes; il paroît néanmoins qu'en parlant de leur action et de leur réaction, il avait en vue le développement du calorique par le frottement, opinion que nous avons déjà examinée (Voy. § 65 et suiv.).

§ 81. Parmi les diverses réflexions faites par quelques astronomes sur la comète de 1811, il en est une qui mérite une attention particulière (1), c'est celle que ce corps céleste pouvait bien être,

(1) Le célèbre Piazzi en examinant de l'observatoire de Palerme cette comète, remarqua au travers de sa masse deux points lumineux qui ressemblaient à deux étoiles, l'une de neuvième grandeur, et l'autre de cinquième. Ayant de nouveau voulu examiner ces deux points lumineux, pour tâcher de découvrir si, comme quelques personnes le prétendaient, ils formaient le noyau solide de la comète, il les retrouva à la même place, mais l'un avait seulement l'apparence d'une étoile de douzième grandeur, et l'autre d'une étoile de huitième grandeur. Ces deux étoiles furent encore observées la même nuit, de l'observatoire de Milan, par l'illustre Oriani. Il paroît donc que l'interposition de la matière dont se composait la comète, loin d'affoiblir, avait au contraire augmenté l'éclat des deux étoiles observées.

une masse planétaire qui à peine sortie de l'état gazeux, commençait à se former et n'attendait que la précipitation et la concentration de toute la matière dont elle était environnée, pour se consolider. L'observation successive de quelqu'autre planète dans laquelle on parviendra peut-être à distinguer les divers degrés de formation progressive, pourra donner un jour quelque lumière sur cet objet. Herschel a encore assuré (Voy. *Bibl. brit.*, tom. 3, pag. 126) que les six comètes découvertes par sa sœur, et les cinq qu'il avait lui-même observées dans le ciel, n'avaient rien moins que l'apparence d'un noyau solide, et qu'on n'y remarquait qu'un amas et une condensation de vapeurs tout autour d'un centre de la même nature. Le passage de l'état de fluidité ignée à celui de solidité dans les comètes, pourrait bien être régulier et alternatif, et dépendre de leur voisinage ou de leur éloignement du soleil : car quoique le temps de leur périhélie soit de courte durée, et qu'il y ait lieu de conjecturer que l'action du soleil ne peut excercer son influence sur toute leur masse, mais que cette influence se borne à cette partie de la superficie qui est en regard du soleil ; malgré cela, si la température de la comète de 1680 dans son plus grand rapprochement de cet astre, était deux mille fois plus grande que celle du fer

rougi [1], il est très-vraisemblable que la matière dont se composait cette comète pendant son passage au périhélie, était fluide et même gazeuse ; à moins qu'on ne veuille supposer une matière d'une nature tout-à-fait différente de celle de notre planète. Comme cette fluidité dépendait du voisinage du soleil, la comète à mesure qu'elle s'éloignait de cet astre, devait acquérir de la solidité. Du reste, il ne paroît pas que cette espèce de fluidité ait pu convenir à notre globe, puisqu'il faudrait supposer une variation extraordinaire dans l'orbite qu'il décrit autour du soleil : et si voulant admettre une semblable perturbation dans le système planétaire, on pensait que la terre fût jadis une comète, on prouverait par-là que notre globe avant de prendre la forme qu'il a maintenant, a pu exister pendant quelque temps dans l'état du fluidité ignée, laquelle aurait été cependant produite par une

(1) Ce calcul est fondé sur le principe que la chaleur croît en raison inverse du carré de la distance du soleil : mais il peut intervenir des circonstances capables de faire varier les résultats de ce calcul dans les corps célestes, comme seraient, par exemple, le défaut d'atmosphère ou son interposition, le plus ou moins de densité dans cette atmosphère, etc. Il ne sera pas inutile de faire observer que La Place (*Exposition du système du monde*, pag. 124) dit que la comète de 1680 éprouva une chaleur capable de volatiliser, selon toute apparence, la plupart des substances terrestres de notre globe.

cause externe et différente de celle que nous avons supposée.

§ 82. Les belles observations d'Herschel sur les nébuleuses ont rendu très-probable l'opinion qu'il y a des corps célestes qui se forment d'une substance extrêmement rare, qui se condense progressivement, et que lorsque ces corps sont parvenus au dernier période de leur condensation; ils sont jusqu'à dix-neuf fois plus denses qu'ils ne l'étaient dans leur état originaire. Cet ingénieux auteur a supposé que la matière extrêmement rare des nébuleuses procède des atomes lumineux, et que la condensation de cette matière est un effet de la gravitation. Mais de quel autre principe la raréfaction de la matière peut-elle dépendre, si ce n'est du calorique qui seul est capable de détruire ou de suspendre l'effet de la gravitation, à moins qu'on ne veuille admettre quelqu'autre force inconnue, comme la répulsion? L'idée que notre planète fût jadis dans un état de fluidité ignée, n'a donc rien de contraire aux observations qu'on a faites et qu'on fait encore tous les jours sur la constitution et la structure des corps célestes; et si deux savans mathématiciens de notre siècle, La Place et La-Grange, ont regardé comme très-probable l'hypothèse de la formation des planètes par le moyen de l'atmosphère solaire, la supposition de

la fluidité ignée primitive de notre globe n'est donc pas aussi extraordinaire que quelques géologues voudraient le persuader. Cependant de quelle manière rendrons nous raison de la condensation ou de la consolidation de ce globe? C'est ce qu'on verra dans le chapitre suivant; et peut-être ce qui est arrivé jadis dans la planète que nous habitons, a-t-il maintenant lieu bien que d'une manière lente et insensible, dans les nébuleuses d'Herschel?

Digitized by Google

CHAPITRE XV.

On peut concevoir le refroidissement et la consolidation du globe par l'effet du calorique devenu latent.

§ 83. D'après notre commune manière de penser, un corps en fusion ou échauffé ne peut se consolider ou se refroidir que par le moyen d'un autre corps qui attire à soi la chaleur excédante, ou d'un milieu dans le sein duquel cette chaleur se répande pour se mettre en équilibre de température: et supposant que toutes les substances dont se compose le globe, et leurs divers élémens étaient mêlés avec la matière de la chaleur, on a bien de la peine à comprendre comment celle-ci s'est dissipée et, pour ainsi dire, consumée de manière que le globe ait pu se refroidir et se consolider. En effet, l'atmosphère n'existait pas encore; et si l'on veut admettre la diffusion de la chaleur dans le vide, il se serait formé tout autour de la terre une couche permanente de matière calorifère, qui, retenue par l'attraction générale, aurait conservé la fluidité de la superficie.

§ 84. Nous avons déjà fait observer dans le § 63, que le calorique peut exister dans les

corps sous deux états différens, savoir, l'état de mélange, de simple adhérence et d'union, et celui de combinaison. Si l'on trouvait quelque difficulté à admettre que le calorique forme avec les parties de quelques corps, de véritables combinaisons chimiques semblables, par exemple, à celle qui peut résulter du mélange d'un alcali avec un acide, nous osons nous flatter qu'on ne saurait disconvenir qu'il n'y ait une différence sensible entre le calorique de *supersaturation* et celui de simple *saturation*. En effet, lorsque le calorique se trouve dans le premier des deux états dont nous venons de parler, il peut se séparer du corps auquel il est uni, sans que celui-ci se décompose: de plus il tend sans cesse à l'équilibre, et il change la température des corps qu'il pénètre. C'est ce calorique que nous appellons chaleur de *supersaturation*, chaleur *sensible*, chaleur *thermométrique*. Que si ce même calorique se combine avec les parties dont un corps se compose, ou s'il entre dans la formation d'un corps, en dose suffisante pour le saturer, il perd alors ses propriétés sensibles, devient *latent* et ne se manifeste que lorsqu'il se sépare de ce corps, ce qui ne peut avoir lieu sans qu'il ne se décompose ou du moins sans qu'il ne s'opère un changement physique dans l'état de ce même corps.

§ 85. Cela posé, il nous paroît qu'une masse composée de matières hétérogènes ou même homogènes, et échauffée dans tous ses points par une diffusion de calorique, peut se refroidir sans qu'aucune partie de son calorique se sépare d'elle. Ce phénomène aura lieu lorsque parmi les matières qui composent cette masse, il s'en trouvera de celles qui ont une affinité de composition avec le calorique, ou que cette même masse sera composée de parties susceptibles de passer à un état différent, en s'unissant à une plus forte dose de ce calorique: alors la combinaison ayant lieu, l'état de ces substances changera; la chaleur qui était libre, deviendra latente; elle perdra ses qualités sensibles, et il s'en suivra de là, une diminution apparente de calorique et le refroidissement du corps. A l'appui de ce raisonnement, offrons ici quelques exemples.

§ 86. L'eau échauffée au 80 de Réaumur, sous la pression atmosphérique de 27 à 29 pouces barométriques, ne peut acquérir un plus haut degré de chaleur, quelles que soient l'augmentation et la prolongation de l'action du feu, pourvu toutefois qu'on n'empêche pas l'évaporation. En ajoutant un plus haut degré de chaleur, on ne fait qu'accélérer la réduction de l'eau en vapeur. Comment donc se consument toutes les doses de chaleur qui à chaque instant s'unissent à l'eau? On sait qu'elles sont absorbées

par la vapeur ou par le gaz aqueux qui se forme et a besoin d'une grande dose de calorique pour prendre et conserver la forme de vapeur, calorique que la vapeur elle-même dépose lorsque de l'état de gaz, elle retourne à celui de fluidité. La quantité de chaleur qui disparoît ou qui devient latente dans la formation de la vapeur aqueuse, est si grande que, quoique la température apparente de cette vapeur n'excède pas le 80 de Réaumur ou le 100 du thermomètre centigrade, c'est-à-dire, quoiqu'elle soit exactement égale à la chaleur de l'eau bouillante (Voy. Henry, *Élémens de chimie expérimentale*, leçon 4.e, n.º 2), elle éleverait d'après l'expérience de Watt, un même poids d'eau qui ne se réduirait point en vapeur, à la température de 943 de Far. presque 500 du thermomètre centigrade.

§ 87. Du reste, ce n'est encore ici qu'un exemple approximatif et une image très-imparfaite de ce qui a été dit. Dans la formation de la vapeur, l'eau se combine avec le calorique et en absorbe une grande quantité; mais comme l'affinité qui existe entre les deux substances, est peu considérable, leur union est aussi très-foible et peut être détruite par la moindre diminution de température ou par un léger changement dans la pression atmosphérique. Il y a cependant des corps qui sont si susceptibles de

combinaison avec le calorique, qu'ils acquièrent par cette combinaison, une forme élastique permanente dans tous ces degrés de température et de pression atmosphérique qui conviennent à la constitution physique de notre planète. Imaginons dans la masse primitive et dans le mélange de tous les élémens, l'hydrogène, l'oxigène, l'azote, le carbone, etc., c'est-à-dire, les principes chimiques : ces substances en se combinant avec le calorique, et passant à l'état gazeux, auront été modifiées, leur premier état aura subi un changement notable, et il sera survenu dans la masse, une diminution sensible de chaleur correspondante à cette quantité de calorique libre qui s'est consumée ou, pour mieux dire, qui s'est combinée dans les gaz.

§ 88. Un second exemple rendra plus familière aux lecteurs l'idée que nous avons déjà émise touchant l'absorption du calorique. Qu'on conçoive une masse d'eau tenant en dissolution une certaine quantité de sels près de se cristalliser : on aura donc une masse composée d'eau et de substances salines. Si les sels passent à l'état de cristallisation, on les verra se séparer de l'eau et former un corps distinct ; mais ils retiendront devers eux, en combinaison, une portion de l'eau ; en sorte que la quantité primitive de cette eau sera notablement diminuée, bien qu'elle ne se soit point évaporée ou qu'elle n'ait point été

absorbée par quelqu'autre corps étranger à la masse. Nous pouvons concevoir de la même manière, la chaleur interposée parmi les molécules d'un corps en fusion, se séparant de toute la masse pour se combiner avec quelques-unes des parties de cette masse, et perdant ses propriétés sensibles dans le nouvel état de combinaison. La différence qui existe entre ce cas et le précédent, c'est que l'eau de cristallisation (1) semble adhérente aux sels, tandis que le calorique est combiné avec les principes solides des gaz, et n'en peut être séparé que par les moyens chimiques capables de produire leur décomposition.

---

(1) Il paroît que les chimistes n'ont pas encore déterminé de quelle manière l'eau de cristallisation est unie aux parties d'un sel cristallisé, et existe dans ces parties, en une dose souvent correspondante à la moitié de son poids, ainsi que dans le sulfate et le carbonate de soude, dans le vitriol de zinc cristallisé et dans le sulfate triple d'alumine : et comme on peut enlever cette eau sans produire aucune altération dans la nature intime du sel, il y a lieu de croire que cette même eau n'est point dans un état de combinaison chimique avec les parties salines. D'un autre côté, 1.° elle ne se manifeste nullement à nos sens ; 2.° on ne peut la séparer des sels que par l'action du feu ou de l'air ; car on sait qu'il y a des sels qui ont la propriété de tomber en efflorescence ; 3.° en la séparant du sel, on détruit sa forme cristalline ainsi que sa transparence, et l'on rompt la cohésion de ses parties ; en un mot, on produit des changemens physiques dans sa manière d'exister ; 4.° la présence ou l'absence de l'eau dans les sels qui peuvent se cristalliser sans elle, opère un changement dans les caractères géométriques et physiques (Voy. les *Reflexions de Haüy sur la chaux solfate anhydre*).

Digitized by Google

§ 89. Il n'y a pas de fusion de terres ou de métaux qui ne soit accompagnée du développement, ou pour mieux dire, de la production de gaz qui forment des bulles. Ces gaz sont le plus souvent ou acide-carbonique ou hydrogène. Si ces bulles arrivent jusqu'à la superficie, elles se brisent et se mêlent avec l'atmosphère; mais si elles n'ont pas la force suffisante pour se dégager du poids de la matière, elles forment des vides dans les endroits où elles s'arrêtent. On ne peut dans les substances qui sont en fusion, reconnoître la diminution de la chaleur occasionnée par la production des gaz, parce que de nouvelles parties de cette chaleur y sont sans cesse introduites par l'action continue du feu; mais si par l'imagination, nous faisons abstraction de ces nouvelles parties de chaleur, il nous paroît qu'une fusion doit se refroidir à mesure que la chaleur dont elle est pénétrée, se combine avec quelqu'autre principe auquel elle donne la forme gazeuse.

Donc entre la simple adhésion produite par la force d'agrégation, et la combinaison chimique, il y a une autre sorte d'union intermédiaire qu'on n'a pu encore bien déterminer. La forte chaleur qui se développe en versant une suffisante dose d'eau sur quelques sels pulvérisés et privés par le moyen du feu, de l'eau de cristallisation, phénomène semblable à celui qui s'opère lorsqu'on éteint de la chaux vive, donne lieu de croire que dans la cristallisation des sels, l'eau passe à l'état de solidité.

§ 90. Concevons donc notre planète dans la première période de son existence, comme un amas d'élémens confusément mêlés avec le calorique. A mesure que celui-ci se combina avec les principes qui avaient une plus grande affinité avec lui, et qu'il devint latent, la température sensible de toute la masse diminua, et cette masse se refroidit progressivement. Tant que le calorique fut dans un état, pour ainsi dire, transitoire, et que par le jeu des affinités plus ou moins efficaces, il passait d'une combinaison à l'autre, le globe resta dans l'état de chaos; ce n'était qu'une masse fluide, qu'un monde qui commençait à se former: mais lorsque le calorique parvint enfin à se fixer dans les corps avec lesquels il avait une plus grande affinité, son état devint permanent, et la terre se refroidit.

§ 91. De Luc conduit par une autre série d'idées, et partant de principes aussi différens des miens, que le feu peut être opposé a l'eau, est cependant arrivé presque au même résultat. Voici comment il s'exprime, pag. 133 de ses lettres géologiques: « A l'origine de toutes les opé» rations dont nous trouvons des traces sur la » terre, elle reçut une première quantité de lu» mière qui produisit dans toute sa masse un » degré de chaleur probablement plus grand » qu'il ne l'est maintenant, mais qui dut néces» sairement diminuer par toutes les opérations

» auxquelles contribuèrent le *feu* et la lumière, » *en se combinant chimiquement* avec d'autres » substances, et par celles des décompositions » du feu dans lesquelles la lumière devenait libre » et s'échappait. Ce sont aussi les seules causes » par lesquelles notre globe puisse se refroidir; » car ni le feu, ni la substance qui s'y trouve » unie à la lumière, ne peuvent pas l'abandonner » pour se répandre dans l'espace, parce qu'ils » sont retenus par la gravité; mais dès que le » *feu se combine chimiquement avec d'autres subs-* » *tances, il cesse de produire la chaleur* et il » perd encore ce pouvoir lorsqu'il se décom- » pose. » Réfléchissons un peu sur ce passage de De Luc qu'on peut regarder comme l'auteur qui a soutenu avec le plus de force le système de la dissolution aqueuse primitive du globe. 1.° Il admet l'existence du feu élémentaire ou du calorique, et il lui attribue une force de gravité; 2.° il suppose que cette substance existait dans le globe, qui par conséquent devait être modifié en raison de la quantité de cette même substance; 3.° de quelle manière, suivant De Luc, le globe s'est-il refroidi ou le feu s'est-il séparé du globe? En partie, parce que le feu étant entré dans d'autres combinaisons, a cessé de produire la chaleur, ce qui dans le langage des physiciens, veut dire qu'il est devenu latent; en partie, parce qu'il s'est décomposé. Il ne nous

paroît pas qu'il soit nécessaire de recourir à la décomposition du feu, vu l'immense quantité des combinaisons dans lesquelles il a pu se cacher comme nous tâcherons bientôt de le démontrer.

§ 92. Faisons maintenant un examen rapide de l'opinion d'un autre célèbre défenseur du système aqueux. M.r La Métherie, tom. 3, pag. 417 de la *Théorie de la terre*, dit: « Lors de la cristal-» lisation générale du globe, une grande quan-» tité de *calorique s'est combinée* dans les diffé-» rentes substances solides qui le composent. » Ce calorique ne jouit plus de ses propriétés de » produire la chaleur: c'est la première cause du » refroidissement de la masse générale. » Ce sont ici, comme on voit, les mêmes idées que De Luc a émises, c'est-à-dire, l'existence du calorique et le calorique qui devient latent dans ses combinaisons. Je serais bien fâché de hasarder une seule parole qui pût faire douter de l'estime que j'ai pour ces deux savans naturalistes; mais il me paroît qu'ils tenaient dans leurs mains le fil qui pouvait les conduire à la vérité, et qu'ils l'ont laissé échapper par trop d'attachement au système en faveur duquel ils étaient prévenus. En raisonnant sur l'état primitif du globe, ils ont bien aperçu le véritable principe sur lequel ils auraient dû fonder leurs conjectures, mais ils n'ont examiné ce principe qu'à travers une nuée d'opinions vagues et indéterminées. Ils ont reconnu la chaleur

primitive du globe, mais ils n'ont pas donné à cette idée le développement dont elle était susceptible; ils n'en ont pas fait l'application qui se présentait naturellement; et pour ne pas abandonner leurs opiuions sur la dissolution de la matière terrestre dans l'eau, et sa cristallisation succcssive dans le même fluide, ils sont tombés en contradiction avec leurs propres principes. En effet, si à l'époque de la consolidation de la terre, il y a eu fixation de calorique par suite de sa combinaison avec plusieurs autre substances, ce calorique a dû encore se développer en se séparant de tous les corps qui sont passés de l'état de fluidité à celui de solidité par le moyen de la cristallisation qui, ainsi qu'on le suppose, s'est opérée dans l'eau. Il suit de là, que la doctrine de La Métherie reste enveloppée dans la même obscurité qui couvre ses idées sur l'origine primitive du calorique. Il me semble au contraire qu'il n'y a rien d'obscur, rien qu'on ne puisse aisément concevoir dans l'hypothèse que je propose, puisque d'après cette hypothèse, il est également facile d'expliquer et l'origine du calorique libre, et de quelle manière il est devenu latent.

§ 93. Quoique les géologues puissent librement disposer du temps ainsi que les astronomes ordonnent de l'espace, l'hypothèse de Buffon épouvanta plusieurs naturalistes, par la raison qu'il

Digitized by Google

donnait à l'état présent de notre globe, une antiquité si grande que beaucoup eurent de la répugnance à l'admettre. Buffon concevait le refroidissement de la terre à peu près comme on voit un globe de métal rouge se refroidir, ce qui n'arrive que par une transfusion progressive de la chaleur. De son temps, la doctrine des gaz n'avait pas été si lumineusement développée qu'elle l'est aujourd'hui, et l'on était privé des belles théories de Wilke, de Crawford, de Kirwan, etc. sur le calorique latent et sur la différente capacité des corps. Dans notre hypothèse, le refroidissement se déduit de la production des gaz et de la fixation du calorique, opération qu'on peut concevoir, si l'on veut, comme ayant eu lieu dans un court intervalle de temps : non que les fluides aériformes se soient dégagés simultanément de tous les points du globe ; mais tantôt dans une partie, tantôt dans l'autre, selon que leurs bases se rencontraient dans des circonstances qui favorisaient leur combinaison avec les particules du calorique.

CHAPITRE XVI.

Formation de l'atmosphère et de l'eau.

§ 94. Pendant que le calorique répandu dans la masse générale de la matière, se combinait dans quelques parties de cette masse avec les bases solides des gaz, ceux-ci se développaient, et poussés par leur élasticité et par le choc des courans inférieurs, ils s'élevaient sur la superficie du globe qui de cette manière fut enveloppé d'une atmosphère ou d'un amas de matières gazeuses. Cet amas se formait d'abord de toutes les substances qui s'étaient modifiées en gaz, et par conséquent l'atmosphère était originairement un composé des gaz oxigène, azote, hydrogène, carbonique, etc. Bien que ces substances aient une gravité spécifique différente, elles pouvaient cependant être mêlées ensemble soit par leur attraction réciproque, soit par un mouvement général communiqué à la masse, ainsi qu'on voit encore présentement dans notre atmosphère se mêler ensemble le gaz azote et le gaz oxigène, comme nous le dirons bientôt, et même dans quelques circonstances particulières, l'hydrogène et l'acide carbonique. En effet,

Google

les observations de Dalton sur le mélange mécanique des gaz, démontrent que les fluides aériformes quoique doués d'une gravité spécifique différente, mis en contact, se pénètrent uniformément, et au plus petit mouvement se distribuent d'une manière égale, et que ce mélange uniforme reste toujours le même. Cependant dans la formation primitive de l'atmosphère tout était confusion et désordre, puisqu'à l'action des corps célestes et des causes qui produisent les vents, il faut joindre la véhémence avec laquelle les gaz se dégageaient des diverses parties du globe encore fluide, et produisaient une agitation continuelle et un grand trouble dans l'atmosphère.

§ 95. Quelle que soit l'opinion qu'on veuille admettre sur l'électricité, il paroît certain que c'est une substance *sui generis*, qui circule perpétuellement dans la nature, circulation tantôt tranquille et insensible, mais qui produit cependant des effets; et tantôt sensible et plus ou moins violente selon sa quantité et les circonstances de son mouvement. La masse primitive de la matière devait certainement avec les principes chimiques des corps, le calorique, etc. contenir cette substance qui favorise singulièrement la formation et la décomposition de plusieurs combinaisons. Pendant que le calorique se combinait avec quelques principes et que la superficie du globe se consolidait; pendant que les

Digitized by Google

gaz et l'atmosphère se formaient, il est naturel de penser qu'il se développa aussi des torrens de matière électrique, laquelle se trouvant hors d'équilibre, devint fulminante, et par sa rencontre avec les gaz oxigène et hydrogène; occasionna des détonations, des explosions, et de là, la production de l'eau. Les gaz attirés par ce fluide en raison de leur affinité avec lui, se séparèrent de l'atmosphère et furent remplacés par d'autres substances gazeuses provenant du globe qui continuait à se consolider. L'eau qui tombait sur la superficie terrestre encore incandescente, fut réduite en vapeurs qui se joignant aux autres vapeurs aqueuses produites dans le globe, accrurent le désordre de l'atmosphère et modifièrent le mouvement de l'électricité; et le jeu terrible de l'électricité fulminante, des fleuves d'eau qui se précipitaient de l'atmosphère, des masses de vapeurs qui s'élevaient de la terre, et des torrens impétueux de gaz qui sortaient du globe, dut continuer jusqu'à ce que toute la superficie consolidée et refroidie, eût acquis un certain degré de consistance et de dureté. Alors les émanations tant gazeuses qu'électriques, ayant cessé ou du moins diminué, les vapeurs s'étant condensées, l'atmosphère se trouvant délivrée des substances étrangères, et la masse des eaux s'étant réfugiée dans les parties les plus basses de la superficie, le calme et le repos parurent pour

la première fois sur la future habitation de l'homme, laquelle ne fut plus troublée que par des révolutions partielles. Ce tableau de l'état primitif du globe est, je l'avoue, imaginaire, mais aucune de ses figures, quoique idéales, n'est contraire à la nature; toutes me semblent calquées sur les phénomènes dont nous sommes journellement les témoins ou que nous pouvons observer en petit dans nos laboratoires; en un mot, ce même tableau dans ses divers détails, n'offre rien qui ne corresponde à l'état actuel de nos connoissances.

§ 96. Il résulte de ce qui vient d'être dit, que je considère l'eau comme ayant été produite dans le sein de l'atmosphère qui environnait le globe, à l'aide des deux gaz oxigène et hydrogène et par l'intervention de l'électricité. Mais ce fluide a pu aussi se former d'une autre manière dans l'intérieur du même globe, j'entends par l'effet du mélange immédiat du gaz oxigène avec le gaz hydrogène. Là où ces deux gaz se seront rencontrés en dose suffisante, dans des circonstances favorables et au milieu de la haute température de la matière terrestre encore incandescente, ils auront en sa combinant ensemble, produit de l'eau laquelle se trouvant dans l'état de vapeur, se sera unie à la masse des fluides aériformes. Quelques petites parties de cette eau auront pu rester comme emprisonnées dans les

entrailles de la matière terrestre qui se consolidait, et c'est peut-être là l'origine de celle qu'on trouve quelquefois, quoique fort rarement, dans les substances pierreuses qui appartiennent aux formations primitives. Nous prions le lecteur de voùloir bien ne pas perdre de vue cette partie de l'hypothèse, car les vapeurs aqueuses produites ainsi que nous l'avons exposé, peuvent avoir joué un rôle dans certaines circonstances de la formation primitive.

§ 97. Nous devons faire observer qu'outre les combinaisons qui ont donné naissance a l'eau, il a pu s'en opérer d'autres dont il sera résulté divers composés; et vraisemblablement ce fut à cette époque que se formèrent plusieurs acides. Si l'oxigène et l'hydrogène sont les principes acidifians, il semble très-probable qu'un grand nombre d'acides aient été produits dans une période de temps où tous les principes chimiques étant en mouvement, pouvaient facilement se rencontrer avec les bases qui leur convenaient. Ces acides tant que dura l'état d'ignition, dûrent d'abord avoir la forme gazeuse et faire partie de l'atmosphère dont ils se séparèrent dans la suite, et lorsqu'ils vinrent à être absorbés par les eaux. Les acides vu leur affinité avec beaucoup de substances, ne purent pas rester long-temps dans un état de liberté, et c'est sans doute de cette époque, que date l'origine d'un grand nombre

de substances salines. Celles-ci ou se combinèrent avec les roches qui commençaient à se former, ou furent dissoutes dans la masse de la mer primitive et lui communiquèrent cette salure qu'elle a toujours conservée, parce que les mêmes combinaisons qui originairement se sont opérées dans un état d'extrême agitation, ont encore lieu dans le cours paisible et régulier de la nature. Les observations qui ont été faites dans l'objet d'apprécier l'opinion de Pacchiani sur la formation de l'acide muriatique dans la décomposition de l'eau, et les analyses chimiques, spécialement celles de Klaproth et de Vauquelin, ont fait connoître que le muriate de soude et les principes alcalins sont beaucoup répandus dans le règne fossile, et appartiennent encore à ceux de ses produits qui se rapportent aux roches primitives, comme, par exemple, la potasse aux tourmalines, aux feld-spaths, au lépidelite, à l'élaéolithe (fettstein ou pierre grasse de Werner), etc.

CHAPITRE XVII.

On examine la question de savoir, si le calorique devenu latent dans les nouvelles combinaisons, était suffisant pour tenir le globe dans l'état de fusion.

§ 98. Suivant l'hypothèse que nous avons proposée, notre planète s'est refroidie, et de l'état de fluidité, elle a passé à celui de solidité à mesure que le calorique qui la rendait fluide, entrant dans de nouvelles combinaisons, est devenu latent et a perdu ses caractères sensibles. Mais pour que cette hypothèse puisse acquérir le degré de probabilité dont elle est susceptible, il est nécessaire d'examiner si les nouveaux produits qui ont été le résultat de ces diverses combinaisons, ont été tels et en quantité suffisante, en sorte qu'ils aient pu absorber tout ce calorique qui était nécessaire pour tenir le globe dans l'état de fusion ou du moins de mollesse? Mais avec quelle échelle pourrons-nous mesurer cette quantité de calorique? Par quels moyens parviendrons-nous à connoître le juste degré de la fluidité primitive du globe, et à déterminer la quantité des nouveaux produits et les doses de calorique qui sont entrées dans la

combinaison de ces produits? Bien que ce problême ne nous paroisse pas susceptible d'une solution qui ait pour base des calculs même faits par approximation, l'état de nos connoissances actuelles nous permet du moins de déterminer si la solution de ce problême doit être positive ou négative.

§ 99. Une livre de phosphore qu'on fait brûler, décompose 24 onces d'air pur, en absorbe l'oxigène, et dans le même temps il se développe autant de calorique qu'il en faut pour fondre 100 livres de glace. Donc d'une livre, c'est-à-dire, de 16 onces d'air pur ou de gaz oxigène, il devra se développer une quantité de calorique suffisante pour fondre 66 livres, 10 onces, 5 gros et 24 grains de glace (Voy. Lavoisier, *Élémens de chimie*, tom. 1, chap. 9). Mais pour abréger le calcul, supposons 66 livres de 16 onces: le calorique contenu dans une livre de gaz oxigène, suffit donc pour fondre 66 livres de glace. Or une livre de glace pour devenir fluide, absorbe la quantité de calorique qui serait nécessaire pour donner la chaleur de 60 degrés de Réaumur (75 du thermomètre centigrade) à un livre d'eau fluide, mais à la température de zéro; donc le calorique contenu dans une livre de gaz oxigène, est suffisant pour donner la température de 60 de Réaumur à 66 livres d'eau fluide, mais froide au degré de zéro.

§ 100. D'après les expériences d'Humbold et de Gay-Lussac, la véritable proportion des parties qui constituent l'air atmosphérique, semble être de 0,210 de gaz oxigène, 0,787 de gaz azote [1] et 0,003 de gaz acide-carbonique. L'air, pris sur la mer, contient un peu plus d'oxigène, et l'air des hautes montagnes en contient moins que celui pris à une élévation inférieure. Mais pour faciliter le calcul, supposons que le gaz oxigène entre pour un cinquième dans notre atmosphère : il est reconnu que le poids d'une colonne d'air correspond à celui d'une colonne de mercure de base égale et haute de 28 pouces, ce qui donnerait un poids de 2160 livres de 16 onces pour un pied carré de superficie. Si partant de cette donnée, on veut calculer le poids de l'atmosphère [2], il faudra imaginer une colonne de mercure haute de 28 pouces, et dont

(1) Le professeur Doeberainer d'Jena pense que l'air atmosphérique n'est point un simple mélange, mais qu'il est au contraire une véritable combinaison chimique des gaz oxigène et azote. Il prétend que 4 parties de gaz azote forment avec 1 d'oxigène, l'air commun; avec 2 du même gaz, le gaz oxide d'azote; avec 4, le gaz nitreux; avec 6, l'acide nitreux; avec 8, l'acide nitrique. Les parties sont calculées à raison de leur volume.

(2) La Métherie (*Théorie de la terre*, tom. 3, pag. 157) s'est occupé de ce calcul, mais il a substitué une colonne de 32 pieds d'eau à celle de 28 pouces de mercure; et il a évalué le poids de l'atmosphère à 905, 281, 983, 344, 031, 680 livres de 16 onces la livre.

la base soit la superficie terrestre qu'on évalue à 25,779,900 lieues carrées. Quel immense produit donnerait la cinquième partie du poids d'un semblable solide ! Et quel énorme accroissement recevrait encore ce poids, si l'on calculait la dose de calorique qui combiné avec l'azote, a réduit celui-ci à l'état de gaz ! Il y a certainement lieu de croire que la formation des deux gaz dont nous venons de parler, savoir, l'oxigène et l'azote, qui composent l'atmosphère, auraient suffi pour absorber une dose de calorique quelque grande qu'elle eût été. L'expérience connue du briquet pneumatique démontre que la seule compression que nous pouvons produire d'un coup de main dans un petit volume d'air, est suffisante pour produire une chaleur sensible et allumer les corps inflammables ; si cette chaleur se dégage d'une très-petite quantité d'air par l'effet d'une compression peu considérable, qu'on imagine, s'il est possible, quelle immense dose se développerait, si l'atmosphère était susceptible d'être réduite à l'état de solidité !

§ 101. Que serait-ce ensuite si l'on calculait le calorique qui est resté latent dans l'eau, et donne à cette eau la forme fluide ? La masse des eaux de la mer a été évaluée (Voy. § 30) à 55,091,600 lieues cubiques, la lieue de 2283 toises. A cette quantité, on doit ajouter l'eau des lacs, des fleuves, et toute celle qui est en

circulation soit sur la terre, soit dans l'atmosphère sous la forme de vapeur. Si l'eau résulte, comme il le paroît, de la combustion des deux gaz hydrogène et oxigène, quelle immense quantité de ces deux gaz n'aura-t-elle pas dû se consumer dans la formation de l'eau? Dans le § précédent nous avons calculé par approximation la quantité de calorique contenu dans le gaz oxigène, et les expériences récemment faites par le docteur Clarke, démontrent que le mélange du gaz hydrogène avec le gaz oxigène dans l'exacte proportion requise pour la formation de l'eau, contient un degré de chaleur capable de fondre les corps les plus réfractaires. On m'a objecté que comme dans la formation de l'eau, les deux gaz dont je viens de parler, passent de l'état aériforme à celui de fluidité ordinaire, ce changement ne peut s'opérer sans qu'il y ait un développement de calorique, et sans que ce calorique ne retourne à la masse dont il s'était séparé. Cela est vrai en partie, mais il ne l'est pas moins qu'une très-grande quantité de ce même calorique reste latent pour donner à l'eau l'état de fluidité. Nous avons dit précédemment que la glace pour devenir liquide à la température de zéro, a besoin d'une chaleur égale au 60 de Réaumur. Selon Kirwan, la capacité de l'eau est à celle de la glace, comme $1 : \frac{9}{10}$; donc $\frac{1}{10}$ de capacité correspond à 60 de

Réaumur. En effet, qu'on conçoive une masse d'eau et une pareille masse de glace qui soient à la même température : pour que la glace fonde, elle doit acquérir une chaleur égale à 60 degrés de Réaumur; jusques là, elle reste à la température de zéro : mais pendant qu'elle acquiert ces 60 degrés de chaleur, sa capacité s'accroît d'un $\frac{1}{10}$: donc si un $\frac{1}{10}$ de capacité correspond aux 60 degrés de Réaumur, toute la capacité ou $\frac{10}{10}$ égaleront 600.

§ 102. Supposons maintenant que toutes les substances fluides et gazeuses fussent susceptibles de se solidifier soudainement : l'inconcevable quantité de calorique qui resterait libre, ne suffirait-elle pas pour fondre notre planète ? Hé bien, il semble très-probable qu'un pareil phénomène se soit jadis opéré de la même manière, s'il est vrai que le calorique est une matière *sui generis*, et une partie essentielle et constitutive de plusieurs substances qui abondent dans le système actuel des choses. Avant que les matières composées existassent, lorsque notre globe n'était encore qu'une masse confuse d'élémens simples, le calorique répandu parmi ces élémens, devait produire les mêmes effets dont il serait maintenant la cause, si se dégageant de tous les corps avec lesquels il se trouve combiné, il devenait libre et actif. Ainsi pour nous croire autorisés à dire que lors de la première

période de son existence, notre globe a été dans un état de fusion, il nous suffit de réfléchir qu'il deviendrait tel maintenant, si le calorique qui est combiné avec les gaz et les autres substances fluides, venait tout à coup à se rendre libre. Je présume que cette idée ne déplaira pas à ceux qui pensent que notre globe doit être un jour détruit par le feu. Qui sait si dans le cours des causes qui déterminent son état, il ne devra pas succéder une combinaison capable de consolider tous les fluides? Le calorique qui dans ce cas deviendrait libre, suffirait sans doute pour fondre la terre, et si jamais une pareille combinaison se réproduisait, dans quelques périodes et à des époques déterminées, on aurait le renouvellement du globe qui a occupé l'esprit de quelques philosophes.

§ 103. Cependant à moins d'admettre une source extrinsèque de chaleur, comme serait, par exemple, celle qui pourrait procéder d'un très-grand rapprochement du soleil, il n'y a pas lieu de présumer que la terre pût se gazifier ou se réduire à une masse de fluides élastiques, puisqu'à mesure que ceux-ci commenceraient à se former, le calorique libre deviendrait latent, et que la matière réprendrait de nouveau la forme solide. Il me semble que les philosophes qui ont conçu notre planète dans son origine comme un composé de fluide gazeux, seraient bien

embarrassés pour expliquer comment aurait pu se consumer le calorique devenu libre à mesure que les bases de ces fluides élastiques se seraient solidifiées, lors surtout qu'on considère que ce calorique était forcé d'obéir aux lois de l'attraction générale qui l'unissaient au globe et ne lui permettaient pas de s'en séparer. Au contraire dans l'hypothèse de la seule fluidité ignée produite par une diffusion de calorique dans la masse de tous les élémens, on peut déduire le refroidissement et la consolidation du globe, de la production des fluides élastiques permanens qui composent l'atmosphère, et de la fixation du calorique laquelle a eu lieu soit dans les fluides élastiques permanens, soit dans les vapeurs et dans beaucoup d'autres substances.

CHAPITRE XVIII.

On répond aux objections du professeur Pino.

§ 104. Le savant naturaliste Pino dans un opuscule qui a pour titre : *Réflexions analytiques sur les systèmes géologiques*, partant de l'expérience que nous avons rapportée § 99, et dans laquelle le calorique qui se développe d'une livre de gaz oxigène, suffit pour fondre 66 livres de glace, regarde la quantité de calorique contenue dans les gaz qui composent l'atmosphère, comme pouvant fondre 66 trillions de livres de glace, et il joint à cette supputation, un autre trillion pour le calorique contenu dans les autres gaz et dans tous les fluides; en sorte que si l'on concevait toutes les substances gazeuses et fluides passant à l'état de consolidation, il en résulterait une quantité de calorique devenu libre, laquelle serait tout au plus capable de fondre 67 trillions de livres de glace. Or, ajoute cet auteur, le poids de la terre a été calculé (Voy. § 30) à plus de neuf quadrillions de livres ; donc si le globe était composé de glace, le calorique qui se serait développé de la manière qu'on l'a dit, ne suffirait pas pour le fondre : car bien que le calorique nécessaire pour fondre la glace,

puisse élever l'eau fluide, de la température de zéro à celle de 60 de Réaumur (75 du thermomètre centigrade), et qu'on suppose libre tout ce calorique qui se trouve maintenant combiné avec diverses substances, il est sensible que ce même calorique qui serait tout au plus capable de rendre fluides 67 trillions de livres de glace, ne pourrait point donner la température de 60 degrés de Réaumur à une aussi grande masse que le globe, laquelle excède neuf quadrillions. En restreignant le calcul exposé par Pino dans les §§ 12, 13 et 14 de son ouvrage, j'ai tâché de lui conserver toute sa force.

§ 105. Avant de répondre à l'argument que je viens de rapporter, je dois faire observer que, quand j'ai proposé la fluidité ignée, je n'ai entendu parler que de ce degré de fluidité nécessaire pour pouvoir rendre raison de la forme sphéroïdale du globe, et afin que les forces attractives des molécules destinées à former les roches primitives, aient eu la faculté de s'unir selon l'impulsion des affinités, en sorte que de là, ait pu résulter la cristallisation des parties dont ces roches sont composées. J'ai donc cru que, pour obtenir un pareil résultat, on pouvait se dispenser de recourir à une extrême fluidité, d'admettre une grande intensité de calorique; et qu'il suffisait d'imaginer une fluidité presque pâteuse et semblable à celle de la lave des

volcans, dans le sein de laquelle s'opèrent néanmoins beaucoup de cristallisations.

§ 106. On doit, en outre, considérer que la quantité de calorique nécessaire pour produire ce premier degré de fluidité, est très-différente selon la nature des substances qu'on veut réduire à cet état. S'il s'agit de substances pures et exemptes de tout mélange, de toute hétérogénéité, il faudra peut-être une chaleur plus intense; mais s'il est question d'un corps composé, la fluidité de ce corps ou sa mollesse pourra être produite par un petit degré de chaleur, suivant la nature et la quantité de ses élémens. Les chimistes connoissent la composition métallique de Darcet, laquelle fond à la chaleur du bain-marie, chaleur fort inférieure à celle de l'eau bouillante. « De même qu'un fluide, dit Berthollet, dans sa *Statique chimique*, § 119, peut » dissoudre une plus grande quantité de deux » substances salines, que d'une seule, parce que » l'action mutuelle de ces deux substances con- » court avec celle qu'il exerce, le calorique li- » quéfie plus facilement deux corps solides, dont » les parties exercent une affinité mutuelle, que » s'il agissait sur ces corps isolés, comme on le » voit dans les alliages qui sont plus fusibles » que les métaux qui les forment, et comme » on l'observe dans la vitrification où les terres » non vitrifiables servent de fondans à d'autres

» terres qui, seules, résisteraient également au » degré de chaleur qui produit alors la vitrifi- » cation. » Pourquoi serait-il donc absurde de supposer que lorsque tous les principes terreux, métalliques, et encore un grand nombre de principes salins étaient confondus dans une masse générale, un petit degré de chaleur ait pu suffire pour tenir ce mélange dans un état de fluidité pâteuse?

§ 107. Mais ensuite cette quantité de calorique qui existe dans la nature, c'est-à-dire, dans les gaz, dans les fluides, etc., sera-t-elle assez intense et en quantité suffisante pour pouvoir donner le degré de fluidité convenable à toutes les substances qui composent la masse terrestre? Il est facile de pressentir que pour résoudre cette question, on ne peut recourir à un calcul rigoureux; aussi nous sommes-nous bornés à dire que l'état actuel de nos connoissances nous permet seulement de déterminer la nature de la solution que nous cherchons; c'est-à-dire, de juger si elle doit être positive ou négative. J'ai rapporté l'expérience de Lavoisier relativement à la quantité de calorique contenue dans le gaz oxigène et qu'on suppose former environ un cinquième de l'atmosphère. Il faudrait encore calculer les quantités de calorique que contiennent les autres gaz circulant dans notre planète, et spécialement les gaz azote et hydrogène

qui en comprennent une forte dose : quant au dernier de ces deux gaz, on peut voir ce que nous avons déjà dit dans le § 101. Si toutes ces quantités de calorique etaient susceptibles d'être soumises à un calcul même approximatif, on obtiendrait sans doute un immense produit, qui s'accroîtrait encore singulièrement, si l'on y joignait le calorique qui existe dans les fluides et particulièrement dans l'énorme masse des eaux. Humboldt pour rendre raison de la haute température que notre globe a dû avoir dans les premières périodes de son existence, a eu recours au calorique qui a pu se développer dans la cristallisation des grandes masses terrestres qu'il suppose avoir été dissoutes dans l'eau. Qu'on conçoive maintenant et qu'on calcule, s'il est possible, la quantité de calorique qui se dégagerait de toutes les substances gazeuses et fluides qui existent dans notre planète, en supposant que ces substances vinssent à se consolider; et si cette prodigieuse quantité de calorique ne suffisait pas, qu'on ajoute enfin celui qui, renfermé dans tous les corps qu'on appelle solides, y existe en quantité proportionnée a leur constitution physique, et ne se rend sensible que lorsque ces corps acquièrent une plus grande densité. La percussion, le frottement, la compression expriment, pour ainsi dire, de tout corps, le calorique qu'il renferme. Quelle intense

chaleur ne se développe-t-elle pas des lames de métal qu'on fait passer dans la filière? Cette chaleur qui devient sensible comme l'électricité, lorsqu'elle est agitée et qu'elle reçoit une certaine commotion, fait partie de celle qui circule dans la nature, et peut être considérée comme une branche de la chaleur primitive répandue dans toute la masse terrestre.

§ 108. Revenons maintenant sur le calcul proposé par le professeur Pino. Nous ne saurions nous dispenser de faire observer, 1.° que la quantité de calorique contenue dans toutes les substances gazeuses et fluides, ayant été évaluée au $\frac{1}{67}$ du calorique que renferme le seul gaz oxigène, il paroît que cette évalution est beaucoup trop circonscrite: on ne voit pas, en effet, sur quelle base elle peut reposer, surtout si l'on fait attention que l'azote forme environ les $\frac{4}{5}$ de notre atmosphère; 2.° que le professeur Pino dans son calcul, ne prend en considération que la quantité des gaz qui composent l'atmosphère et environnent la superficie de la terre, et laisse à l'écart cette quantité de gaz qui existent audessous de cette superficie. Il est certain qu'à quelque profondeur qu'on pénètre, on trouve de l'air dont la masse considérée sous le rapport d'un volume donné, est d'autant plus grande que la profondeur est considérable, vu la compression exercée par l'air supérieur (Voy. § 35).

D'après le principe fondé sur l'observation, savoir, que l'air se comprime en raison du poids dont il est chargé, on démontre que quand les hauteurs sont en raison arithmétique, les densités correspondantes sont en progression géométrique; d'où il suit, par exemple, qu'un pied cubique d'air pris à cent pieds au-dessous de la superficie de la terre, contiendra une quantité de matière ou de particules aériennes beaucoup plus grande que celle que comprendrait un pied cubique d'air atmosphérique pris à la superficie terrestre. Puis si l'on calcule sur le même principe, la quantité des fluides gazeux répandus dans l'intérieur du globe, et si l'on joint à cette quantité, celle de l'atmosphère supérieure, le produit ne s'accroîtra-t-il pas infiniment? Remarquons néanmoins qu'on ne doit pas se dissimuler que l'air qui circule au-dessous de la superficie de la terre, comprimé par l'atmosphère supérieure, est beaucoup plus dense que cette atmosphère, et contient par conséquent une moindre dose spécifique de calorique; 3.° que le calcul du professeur Pino paroît fondé sur un faux principe, en ce qu'il suppose que cette quantité de calorique qui donne à l'eau la température, par exemple, de 75 degrés, doit encore produire le même effet dans la matière terrestre : mais chacun sait combien sont différentes les capacités des corps, et que la capacité

de l'eau est de beaucoup supérieure à celle des substances terreuses et métalliques ; en sorte qu'il est possible qu'il y ait telle circonstance, où la quantité de calorique qui suffit pour donner à une masse d'eau la température de 75, soit capable de donner à une masse égale de quelqu'autre matière ou de quelque mélange, la température de 750.

§ 109. De tout ce qui précède, on peut déduire que c'est ici un de ces problêmes physiques dont on ne saurait donner une solution fondée sur des calculs arithmétiques, et que nous devons nous contenter de connoître si cette solution est positive ou négative. Cependant si d'un côté, toutes les conjectures plausibles et qui ont l'apparence de la plus grande probabilité, nous portent à penser que la matière terrestre, par la force de ce calorique qui est présentement combiné avec les corps, a pu être dans un état de fluidité; de l'autre, un calcul fort simple et non moins rigoureux démontre l'absolue impossibilité que la même matière terrestre ait pu être dissoute dans l'eau, comme nous l'avons établi dans les chapitres précédens. Du reste, si avec un esprit exempt de toute prévention, on compare les deux hypothèses dont il s'agit ici, j'ose croire qu'on ne tardera pas à reconnoître quelle est celle qui concorde le plus avec l'état actuel de nos connoissances physiques, et mérite la préférence.

CHAPITRE XIX.

Réflexions sur l'hypothèse de La-Grange.

§ 110. Dans le Journal de physique du mois de mars 1812, on rapporte un Mémoire sur l'origine des comètes lu par le célèbre mathématicien La-Grange au bureau des longitudes le 29 janvier de la même année. L'auteur de ce mémoire, après avoir calculé la force nécessaire pour que dans l'explosion d'une planète, il se détache des morceaux qui lancés à de grandes distances deviennent météorolites ou comètes (1) ou encore planètes, comme Olbers a supposé que cela est arrivé pour les quatre petites planètes Cérès, Pallas, Junon et Vesta, conclud

(1) Suivant La-Grange, un morceau détaché de notre terre, et lancé avec une force qui égalerait 121 fois celle d'un boulet de canon, deviendrait comète directe, et comète rétrograde si la force était 156 fois celle du même boulet. On sait que les astronomes appellent *directes* les comètes qui ont leur mouvement dans la même direction que les planètes, et *rétrogrades* celles qui font leur révolution dans un sens contraire. Il ne sera pas inutile d'observer que le mathématicien Cossali avait déjà calculé qu'un corps lancé de la lune avec une vitesse de $5 \frac{4}{5}$ plus grande que celle avec laquelle un boulet de 24 sort d'un canon, chargé avec 12 livres de poudre, abandonnerait la sphère d'attraction lunaire et arriverait à notre globe dans l'espace de 64 heures, 14 minutes, 26 secondes.

en disant que La-Place a proposé dans l'*Exposition du système du monde*, une hypothèse très-ingenieuse sur la formation des planètes par le moyen de l'atmosphère solaire; mais que cette hypothèse ne peut s'appliquer qu'aux orbites circulaires ou quasi-circulaires, et aux mouvemens directs dans le même sens; et que si à cette même hypothèse, on joint celle de l'explosion des planètes *par l'action du calorique concentré dans leur intérieur à cause du passage de l'état aériforme à celui de solidité*, on aura alors une hypothèse complète sur l'origine de tout le système planétaire, plus conforme à la nature et aux lois de la mécanique, que toutes celles qu'on a proposées jusqu'à ce jour.

§ 111. L'opinion de La-Grange sur l'état primitif du globe, a dans quelques-unes de ses parties, beaucoup d'analogie avec celle que j'avais proposée l'année précédente dans l'*Introduction à la géologie*. Nos deux hypothèses concordent sur divers points, savoir, — sur l'existence du calorique; — sur la fludité ignée primitive du globe, puisque la fluidité gazeuse est le plus grand degré de saturation ignée auquel puisse atteindre une substance solide; — enfin sur le passage de la matière terrestre de l'état de fluidité à celui de solidité. Cependant quoique les points fondamentaux de ces deux hypothèses soient les mêmes, cela n'empêche pas qu'il n'y ait entr'elles,

quelques différences qui méritent un examen particulier.

§ 112. D'après l'opinion de La-Grange, l'état primitif de notre planète fut gazeux, état qu'on ne saurait concevoir qu'en imaginant une quantité de calorique assez grande pour pouvoir donner la forme aérienne à la matière terrestre. Je me suis borné au contraire à admettre ce que les observations géologiques indiquent comme très-probable; ces observations démontrent, en effet, que les parties dont se composent les roches que nous appellons primitives, sont cristallisées; et comme la cristallisation n'exige pas la fluidité aériforme préliminaire, en parlant de l'état primitif du globe, j'ai cru devoir m'arrêter à ce degré de fluidité qui suffit pour produire l'effet dont on recherche la cause. La première différence qu'on peut remarquer entre l'hypothèse que je propose et celle de La-Grange, laquelle coïncide avec l'opinion de La-Place touchant la question agitée, se réduit donc au plus ou moins grand degré de fluidité jugé nécessaire pour expliquer les phénomènes qui sont résultés de cette fluidité.

§ 113. La seconde différence consiste en ce que dans mon hypothèse, le changement qui s'est opéré lorsque la superficie terrestre a passé de l'état de fluidité à celui de solidité, est attribué au refroidissement produit, si je puis

m'exprimer de la sorte, par l'occultation du calorique qui est devenu latent eu se combinant avec plusieurs principes solides, et en produisant ces gaz dont résultent l'atmosphère et toute la masse des fluides : tandis que La-Grange suppose au contraire que lorsque la superficie terrestre a passé de l'état aériforme à celui de solidité, le calorique qui a dû se développer, s'est concentré dans l'intérieur de la planète. Mais dans cette hypothèse, il me semble impossible de concevoir la cause qui a dû produire le passage de l'état aériforme à celui de solidité : une masse de gaz conservera toujours sa forme gazeuse, s'il n'intervient ou l'action d'une substance capable de la décomposer, ou un changement notable soit de température, soit de pression ; et dans ces divers cas, le calorique qui restera libre par l'effet de la consolidation des gaz, ne se concentrera point dans l'intérieur du solide résultant de cette opération, mais il se dispersera au dehors, du moins en grande partie. Il suit de là, que si l'on veut supposer que le gaz primitif de la terre ait fait partie de l'atmosphère solaire, et que dans la suite il se soit refroidi par la consolidation, on aura bien de la peine à expliquer comment tout ce calorique qu'on croit s'être séparé de la superficie, a pu se concentrer dans l'intérieur de la terre, lorsqu'il paroît au contraire qu'il aurait dû se disperser

Digitized by Google

dans l'espace, ou retenu par l'attraction générale, former une couche tout autour du globe.

§ 114. On doit, en outre, considérer que la partie interne du globe était encore dans l'état de fluidité gazeuse, et que si l'on suppose que le calorique resté libre par suite de la consolidation de la superficie, se soit réfugié dans cette partie interne, on aura un excédant de calorique joint à une substance gazeuse et qui par conséquent en était déjà saturée. Il paroît que les explosions qui, dès le premier moment, auraient résulté de cet état de choses, n'eussent été que trop capables d'empêcher la croûte de la planète de se former et de se solidifier, ou que du moins elles l'eussent brisée et réduite en morceaux. Lorsqu'on admet la fluidité ignée primitive du globe, pour expliquer la consolidation de la superficie je ne vois pas qu'il y ait de moyen plus simple et plus naturel pour atteindre au but qu'on se propose, que celui de supposer que le calorique libre et disséminé parmi les particules terrestres qu'il tenait dans l'état de fluidité, devînt latent en entrant dans diverses combinaisons chimiques. Du reste, faisant abstraction de cette discordance d'opinions laquelle ne porte point d'ailleurs sur la partie essentielle des deux hypothèses, il me semble que l'idée de La-Grange se rapproche beaucoup de conjectures que j'ai proposées.

§ 115. Leibnitz suppose que les planètes et par conséquent la terre avaient été autant de soleils. Buffon imagina qu'une comète ayant heurté la masse solaire, en détacha quelques portions qui dans la suite formèrent des planètes. Dans cette dernière hypothèse, la matière de notre globe serait de la même nature que celle du soleil. Mais si cette même hypothèse peut s'appliquer aux planètes qui tournant dans le même sens et presque dans le même plan, doivent avoir reçu le même mouvement de projection, il faudra nécessairement en fabriquer une autre pour rendre raison de l'origine des comètes qui tournent autour du soleil dans toute sorte de directions, et dont les orbites offrent des plans inclinés à des degrés tout à fait différens. Quoique du temps de Buffon, l'hypothèse d'Olbers sur les explosions des corps célestes ne fût pas connue, et que La-Grange n'eût pas encore calculé les résultats de ces explosions, ce savant naturaliste conçut l'idée (Voy. 1.re *Époque de la nature*) que les comètes de notre système solaire pouvaient avoir été formées par l'explosion d'une étoile fixe ou d'un soleil voisin du nôtre, dont toutes les parties se trouvant dispersées et n'ayant plus de centre commun, furent contraintes d'obéir à la force attractive de notre soleil, qui devint alors le centre d'attraction de toutes ces comètes.

§ 116. En combinant les idées d'Olbers avec celles de La-Grange, on pourrait supposer que la masse solaire a subi plusieurs explosions; que par une de ces explosions furent formées les planètes qui se mouvant dans la même direction, et à peu près dans le même plan, doivent avoir reçu la même projection; et que diverses autres explosions produisirent les comètes qui se meuvent dans des directions et des plans différens à cause de la différence du mouvement de projection qu'elles ont reçu. On pourrait supposer encore que dans quelques planètes après leur séparation de la masse solaire, eurent lieu d'autres explosions dont résultèrent les satellites de ces planètes. La densité des planètes est presque en raison inverse de leur distance du soleil: les plus voisines de cet astre, sont les plus denses; dans celles qui en sont les plus éloignées, la matière a une moindre densité; et l'on a observé que la substance de la majeure partie des comètes est extrêmement rare. Lorsqu'on considère l'effet de la chaleur solaire, il semble qu'on aurait dû s'attendre à un tout autre résultat. On peut donc concevoir que dans notre système planètaire, il y a eu des projections qui ont agi en divers temps, en diverses directions et avec des degrés d'efficacité très-différens. Dans ces projections, les matières les plus légères ont été lancées à de plus grandes distances; les plus pesantes sont restées

plus près du centre de l'explosion. D'après cette hypothèse, tous les corps qui composent notre système planétaire, sans excepter le soleil qui en est le centre, auraient été formés à peu près des mêmes élémens qui ont d'ailleurs pu produire des composés différens suivant la diversité de leurs combinaisons. Quelle idée plus flatteuse pour un philosophe, que celle qui nous représente les immenses masses des planètes, de leurs satellites, des comètes et du soleil lui-même, comme étant composées des mêmes élémens materiels que nous trouvons dans notre globe (1)! Dans les parties détachées du soleil, commencèrent à avoir lieu les combinaisons du calorique, et de là, les degrés de refroidissement, soit parce que ces parties n'appartenant plus au centre d'attractiou du système général, jouissaient déjà d'un plus grand repos toujours favorable aux combinaisons; soit parce que dans les petites masses, il s'opère bien des combinaisons qui ne peuvent avoir lieu dans les grandes: en effet, pour que certains élémens de diverse nature se combinent entr'eux, il ne suffit pas qu'ils soient doués de l'affinité nécessaire, il

---

(1) Quoique la composition des météorolites soit peu connue en lithologie, les analyses des plus habiles chimistes n'ont encore pu y faire découvrir aucune nouvelle substance différente de celles que nous connoissons. En faisant cette observation, je n'entends adopter aucune des opinions émises sur l'origine de ces singuliers agrégats pierreux-métalliques.

faut encore qu'ils se trouvent placés dans leur commune sphère d'attraction, ce qui peut ne pas avoir lieu dans les grandes masses à cause de l'interposition des autres substances.

§ 117. Reste enfin à tâcher de découvrir la cause qui a pu produire de semblables explosions. On a vu que La-Grange les attribue au calorique devenu libre lorsque la matière passa de l'état aériforme à celui de solidité, et que le calorique se concentra dans l'intérieur de la masse planétaire. J'ai déjà fait pressentir la difficulté qu'il y a à admettre cette idée, et je pencherais plutôt à croire que ces explosions qui eurent lieu dans la première période de l'existence des planètes, purent être occasionnées par quelque développement extraordinaire de vapeurs ou de gaz qui s'opéra dans l'intérieur des corps célestes. Un petit globe plein d'eau jeté dans le fourneau d'une fonderie, suffit pour faire sauter en l'air tout l'édifice. Un vaste lac souterrain qui par l'effet de quelque combinaison serait réduit en vapeur, ne suffirait-il pas pour rompre la croûte de notre globe dans quelqu'une de ses parties et lancer les morceaux dans l'espace? On dira qu'il faut de la chaleur pour produire de pareils effets; cela est vrai: mais il n'est pas nécessaire que cette chaleur soit permanente ou qu'elle réside toujours dans l'intérieur de la masse: elle peut être produite d'un moment à l'autre par des

combinaisons accidentelles. Nous aurons bientôt occasion de parler de l'étonnante force de l'élasticité des vapeurs.

§ 118. Terminons ces conjectures par une réflexion qui se présente ici naturellement. Si les méditations et les calculs des astronomes étaient sagement combinés avec les observations des géologues, nul doute que les recherches sur l'état primitif du globe, alors moins incertaines, n'obtinssent des résultats plus satisfaisans et plus sûrs; et puisque les deux voies que nous venons de signaler, nous conduisent à la fluidité ignée primitive de notre planète, cette espèce de fluidité ne sera plus une simple hypothèse, et l'on devra la considérer comme une opinion qui présente tous les degrés de probabilité que peuvent exiger les argumens physiques qui ne sont pas susceptibles d'une démonstration rigoureuse.

CHAPITRE XX.

Du refroidissement du globe à sa superficie.

§ 119. Si le refroidissement d'un corps homogène et sphérique, est régulier, progressif et uniforme, la partie du centre sera la première à se refroidir et à se dépouiller de tout excédant de chaleur. C'est là un effet de la tendance que le calorique ainsi que les autres fluides a pour l'équilibre, et de la force d'affinité qui règne entre ses parties et celles d'un corps auquel il est uni. A mesure que les parties de la superficie se refroidissent, les parties calorifères de l'intérieur se portent vers la superficie pour remplacer celles qui se sont évaporées, en sorte que la partie du centre est la première à se refroidir entièrement. Imaginons un globe échauffé au 30 de Réaumur, et exposé à une température de 25 : dans le premier instant, un degré de chaleur s'échappant de la superficie, se dispersera dans l'atmosphère, et les quatre degrés restans se distribueront dans la masse, de manière que la superficie participe également à cette distribution. La même chose arrivera dans le second instant, ainsi que dans les instans qui suivront successivement, jusques à ce que la

dernière infinitésime parcelle de chaleur correspondante à la différence de la température atmosphérique, s'échappe de la sphère. Le point de cette sphère qui le premier se trouvera absolument privé de toute chaleur surabondante, sera le centre, et nous pouvons concevoir le calorique comme un fluide qui partant du centre, se dirige vers la superficie. Il suit de là, que la superficie est la première à perdre, mais ses pertes sont aussitôt réparées du moins en partie, par la chaleur qui lui vient de l'intérieur. Il n'en est pas de même du centre; lorsqu'il a perdu la dernière parcelle de chaleur, il n'en reçoit plus, et par conséquent on doit le considérer comme la partie de la sphère qui est réellement la première à se refroidir ou à se mettre en équilibre de température avec l'atmosphère.

§ 120. Ce que nous venons de dire est confirmé par l'analogie qui existe entre le calorique et les fluides. Si l'on expose une sphère humide, par exemple, de terre pétrie avec de l'eau, à une dessication régulière, les parties les plus centrales seront les premières à sécher. Nous avons en minéralogie, quelques produits qui présentent des phénomènes qu'on explique aisément par le même principe. On connoît ces sphéroïdes comprimés de fer argileux d'Aberlady, en Écosse, et qui ont été décrits par Hutton. Si l'on les scie de manière que le plan de la

section passe par le grand cercle, on y verra des fissures formées par le resserrement de la matière lors de la consolidation du corps. Ces fissures (1) étant larges vers le centre et se rétrécissant vers la superficie à laquelle le plus souvent elles n'arrivent pas (2), démontrent que les parties les plus centrales ont été les premières à sécher, et que c'est par conséquent du centre qu'est partie l'action de la cause qui a produit la séparation des parties. Le même phénomène se fait encore remarquer dans plusieurs agates orbiculaires et dans quelques-unes de ces pierres connues des lithologues sous l'ancienne dénomination de *ludus Helmontii.* Hutton a été d'un avis différent; il a pensé que dans les agates, la consolidation a commencé par la superficie en se dirigeant vers le centre: il se fonde sur l'observation que les couches extérieures font impression sur les enveloppes internes, et qu'on ne voit jamais d'exemple du contraire. Si les agates mentionnées par Hutton (3) se sont trouvées

(1) Comme ces fentes divisent la masse interne du sphéroïde en diverses parties, on a donné à ces pierres le nom de *septaria*.

(2) Les fentes dont il est question, n'arrivent à la superficie, que lorsque cette superficie a commencé à se décomposer.

(3) On observe que Hutton parle des agates renfermées dans le winstone, roche analogue au basalte, et à laquelle il attribue une origine ignée. Alors il n'y aurait rien de surprenant que la consolidation eût commencé à la superficie. Les énhydres du Vicentin pourraient bien avoir la même origine.

lors de leur formation dans les circonstances dont nous parlerons au § suivant, nous n'avons point d'objection à lui faire; mais abstraction faite de ces circonstances, il nous semble beaucoup plus plausible de considérer la consolidation de corps semblables comme procédant du centre à la circonférence. La position qu'ont prise les couches les plus centrales de ces corps, lorsqu'elles ont séché, a dû déterminer celle des couches plus externes, qui étant encore molles, se sont moulées sur les premières.

§ 121. Que si le dessèchement ou le refroidissement est produit par une cause extrinséque qui agisse avec intensité et rapidité, il est vraisemblable qu'il commencera à la superficie, parce que dans ce cas, la cause qui le produit, pourra agir avec une telle promptitude que les parties de la superficie seront dépouillées de leur humidité ou de leur chaleur, avant que l'humidité ou la chaleur de la masse interne puisse se mettre en équilibre, et en se répandant également, arriver à la superficie. C'est ainsi qu'une masse de pâte humide exposée à la chaleur ambiante d'un four, se dessèche et se consolide dans sa croûte extérieure, tandis qu'elle conserve encore pendant quelque temps dans les parties internes, la mollesse et l'humidité. Le même effet s'opère en grand dans les laves qui sortant fluides des volcans, sont à peine en contact avec l'atmosphère,

qu'elles se consolident dans leur superficie au point de pouvoir supporter le poids d'un homme, tandis qu'elles sont encore fluides dans leur intérieur, et retiennent la chaleur pendant quelques années.

§ 122. Quoique le refroidissement de notre globe n'ait point été l'effet d'une cause extérieure ou étrangère qui en ait absorbé le calorique, il est néanmoins naturel de penser que le développement des gaz et des vapeurs, unique cause de son refroidissement, a été empêché ou du moins retardé dans les parties les plus internes, par la compression, par le poids et la résistance de la masse, et que par conséquent le développement des gaz et des vapeurs a dû être beaucoup plus considérable et beaucoup plus prompt dans les parties plus voisines de la superficie; d'où il suit qu'il paroît très-probable que c'est à la superficie qu'a commencé le refroidissement.

§ 123. Lorsque la croûte externe commença à se consolider dans quelques-uns de ses points, elle dut cesser de former un tout avec les parties plus internes encore molles, et qui en se consolidant de leur côté à une époque différente, se trouvaient nécessairement séparées des premières. Cette séparation aura été d'autant plus sensible, que la différence du temps aura été considérable. Si lorsque la consolidation s'est propagée dans la seconde couche, la première était

déjà entièrement consolidée, il y aura deux couches réellement séparées l'une de l'autre: mais si le progrès de la consolidation a été rapide, et s'est communiqué à la seconde couche avant que la première ait été tout à fait consolidée, alors la séparation sera moins sensible. Il faut en dire de même des autres couches plus internes. La séparation entre deux couches contigues consistera donc en ce que les parties qui composent une couche, auront entr'elles une force de cohésion beaucoup plus grande que celle qui existera entre une couche et une autre couche; d'où résultera dans la masse une tendance à se diviser dans la direction de ces couches.

§ 124. Dans une sphère d'un très-grand volume, telle qu'est celle de la terre dont la superficie a été évaluée à 25,772,900 lieues carrées, la lieue de 2283 toises, il n'était pas possible que le progrès de la consolidation fût uniforme sur tous les points de la superficie. En effet, les parties d'une pareille sphère, étant d'une nature très-différente, le refroidissement produit par l'absorption du calorique dans la production des gaz, ne pouvait pas procéder régulièrement: il devait donc y avoir des anomalies et des irrégularités capables d'empêcher que la distinction des couches ne fût par tout la même. Ce n'est pas que cette distinction n'existe réellement; mais elle sera plus ou moins sensible, et, en

général, il sera facile de la reconnoître lorsque la décomposition commençant à attaquer ces masses, on pourra voir quelles sont les lignes qui offrent une moindre résistance à son action, et sur lesquelles cette action fait des progrès plus faciles et plus rapides.

§ 125. Il y a lieu de croire que dans l'hypothèse que nous avons proposée, on peut au moins avec une sorte de probabilité, rendre raison de l'origine de la stratification aussi diversifiée que difficile à expliquer, des roches primitives. On observe quelque fois dans ces roches, une structure stratifiée, tandis qu'on y remarque d'autres fois des masses uniformes et d'une grandeur démesurée, comme celles que Humboldt appelle couches de porphyre du Mexique et du Pérou, qui sont de la hauteur de 1600 à 2000 toises (*Tableau des régions équatoriales*, pag. 128). Les géologues les plus décidés en faveur de la stratification des roches primitives, avouent qu'il y en a d'autres dont la stratification est extrêmement rare et même inconnue (Voy. le *Mémoire de Borkowski sur les diverses structures de la terre d'après la théorie de Werner*): mais nous aurons occasion de revenir sur cet objet: je me borne pour le moment à observer que dans les roches primitives, les couches, quand il y en a, sont généralement verticales ou fort inclinées, ce qui démontre qu'à

l'époque de leur formation et lorsqu'elles étaient encore dans l'état de mollesse, il y avait une force dont l'action tendait à les soulever. Or je ne vois pas de force plus propre à produire cet effet que le développement copieux des gaz.

§ 126. Dans l'hypothèse qui admet l'irrégularité du refroidissement de la superficie terrestre, il est facile de rendre raison de l'opinion de ces mathématiciens qui prétendent que notre globe n'est point un solide régulier, et que ses deux hémisphères sont différemment aplatis. *Si la terre était un solide régulier et formé par la révolution d'une ellipse sur son petit axe, on devrait observer une uniformité constante dans la variation de la longitude des degrés du méridien, et ces degrés seraient nécessairement égaux dans les deux hémisphères, toutes les fois qu'il s'agirait de la même latitude. Or le degré du méridien observé par La-Caille au Cap de Bonne-Espérance, à la latitude australe de 33° 18′, est de 57070 toises, c'est-à-dire, presque égal à celui de Paris à la latitude boréale de 49° 23′, lequel est de 57094 toises, et par conséquent plus grand que celui de la Pensilvanie à la latitude boréale de 39° 12′, qu'on a reconnu être de 56888 toises. Ces irrégularités dans la mesure des degrés du méridien ont donné lieu à plusieurs de penser que la terre n'est point un solide régulier et de révolution; que ses deux hémisphères ne sont

point égaux dans les deux parties de l'équateur; et que le pôle méridional est plus aplati que le pôle septentrional. Certainement on pourrait alléguer bien des motifs qui autoriseraient à croire que ces irrégularités qu'offrent les mesures prises, procèdent de quelque erreur dans les observations ou de l'imperfection des instrumens; cependant si l'on voulait admettre cette différence entre les deux hémisphères du globe, ce serait un phénomène bien facile à expliquer. Lorsque le globe était encore dans l'état de fluidité ou de mollesse, le mouvement de rotation donna sans doute à la masse la forme sphéroïdale; mais cette masse venant à se consolider, dut subir dans sa forme quelques irrégularités partielles, vu que le refroidissement de la superficie ne put être progressif, ni uniforme, et que l'irrégularité du développement des gaz modifiait nécessairement d'une manière inégale la superficie terrestre. Il ne serait donc pas bien extraordinaire qu'une partie de la superficie eût pris une configuration un peu différente de celle que recevait la partie correspondante; et il y a lieu de présumer que dans la consolidation du globe, l'ordre géométrique ne fût pas observé avec cette précision qui se fait remarquer dans les petites cristallisations régulières, quoique dans celles-ci même on observe souvent tant de déviations, qu'il est quelquefois assez difficile de les soumettre à un calcul rigoureux.

§ 127. Si le pôle méridional est plus aplati que le pôle septentrional, les eaux par leur tendance à l'équilibre, auront dû s'étendre beaucoup plus sur les terres australes, ce qui peut servir à rendre raison de l'inégale distribution des terres et des mers. En effet, la superficie terrestre qui n'est point couverte par les eaux, s'étend beaucoup plus vers le nord que vers le sud, ce qui a donné lieu à plusieurs de supposer l'existence d'un grand continent austral capable de contre-balancer la masse terrestre située dans l'hémisphère boréal. Les voyages de Cook ont prouvé que cette opinion est chimérique, puisque la mer se prolonge jusqu'au 70.ᵉ degré de latitude-sud, et qu'en supposant l'existence de quelque continent au voisinage du pôle austral, ce continent ne pourrait changer d'une manière sensible la proportion qui doit régner entre les deux hémisphères. Si à raison d'un plus grand aplatissement du pôle-sud, la mer a pris de ce côté beaucoup plus d'étendue, il est très-probable qu'elle y a moins de profondeur que dans l'hémisphère boréal, et que par conséquent les couches terrestres sous-marines du sud contre-balancent les couches du nord plus élevées, mais environnées de plus grandes profondeurs.

§ 128. Quelques cas rares exceptés, on remarque en général que les corps qui se consolident par le refroidissement, se réduisent à un

moindre volume. Le contraire arrive dans le refroidissement de l'eau, soit comme le prétendent quelques physiciens à cause du développement de l'air qui y est renfermé; soit ainsi que le pense Mairan, à cause du mouvement plus ou moins rapide qui en agite les molécules, pendant qu'elles se réunissent; mouvement qui fait que ces molécules s'accrochent réciproquement et s'entrelacent de diverses manières, laissant entr'elles de petits vides; soit enfin à cause de la nouvelle position que prennent les parcelles aqueuses en se cristallisant. Réaumur a encore observé que le fer acquiert quelquefois un plus grand volume par le refroidissement qui succède à la fusion. Enfin l'argile échauffée se resserre en perdant l'eau qu'elle contenait, et lorsqu'elle vient à se refroidir, elle retient le même volume, comme nous le voyons dans le pyromètre de Wegdwood. Cependant ces phénomènes dépendant de quelques circonstances particulières, comme d'un changement qui intervient dans la constitution physique de plusieurs corps ou d'une nouvelle disposition de leurs parties, ne détruisent point la règle générale. Ainsi nous pouvons établir en principe, que, comme la chaleur dilate tous les corps, de même ces corps, lorsqu'ils se consolident, sont réduits à un moindre volume par leur refroidissement.

§ 129. Concevons donc une masse rendue fluide par la force du feu qui s'est introduit parmi ses parties. La couche la plus mince de sa superficie qui est la première à se consolider, doit en se restreignant, comprimer les parties de la masse immédiatement posées au-dessous d'elle et encore molles : cette compression s'accroîtra par la consolidation au moins commencée de la seconde couche, et il en sera de même par rapport à la troisième, etc.; tant que la masse encore molle pourra céder à ces compressions répétées, elle se restreindra à un moindre volume; mais lorsque la compression dépassera cette limite, la résistance sera telle qu'elle soulevera et brisera les couches qui compriment la masse interne. Cependant les vapeurs et les gaz feront leurs efforts pour arriver à la superficie, animés par leur élasticité et poussés par les courans inférieurs qui se développent; s'ils peuvent parvenir jusqu'à cette superficie, ils en briseront la croûte pour se mettre en liberté; et les couches superficielles, malgré leur consolidation, opposant à la force des vapeurs et des gaz une moindre résistance, seront soulevées et brisées. Ces conjectures relatives au refroidissement primitif de la superficie terrestre, déduites des faits que nous voyons se succéder dans la fusion de beaucoup de substances, peuvent nous conduire à trouver la solution de plusieurs phénomènes géologiques.

CHAPITRE XXI.

Des ruptures produites dans la superficie du globe.

§ 130. Les effets produits par le développement des gaz et par la formation de la vapeur aqueuse, dûrent se combiner avec ceux qui résultaient de la consolidation de la superficie ; et ces deux causes quoique diverses, quoique agissant en sens contraire, étaient bien capables par leur concours, de changer l'ordre, la position, la continuité et la distribution régulière de la superficie et des parties qui lui étaient contigues. D'un côté les gaz se dirigeaient vers la superficie ; de l'autre la compression produite par la consolidation des parties voisines de cette superficie, faisait effort vers le centre ; mais la résistance que les parties internes, encore fluides, opposaient à cette compression, tendant a soulever et à déchirer les couches déjà consolidées, doit être considérée comme une force qui agissait du centre vers la superficie. Il faut observer, en outre, que la compression produite par la superficie, contribuait à accroître les efforts et l'énergie des gaz qu'on peut comparer à un fluide introduit parmi les parties d'un corps : si ce corps vient à subir une compression, le fluide

déploie toute la force de son élasticité pour en sortir.

§ 131. Voilà donc deux causes qui lors du refroidissement du globe, ont concouru à bouleverser la superficie ; et quoique chacune d'elles ait agi d'une manière différente, leur effet peut avoir été le même. La superficie externe en se consolidant, en se restreignant à un moindre volume par l'effet du refroidissement, comprimait la masse interne encore fluide ; et celle-ci réagissant de son côté, et se trouvant formée d'une matière plus homogène et plus dense que celle dont se composaient les couches superficielles, dut soulever ces couches et les déchirer. Ainsi l'ordre fut détruit, ainsi cessa toute régularité. Les couches récemment consolidées étaient contigues, parallèles et horizontales; elles furent soulevées et déchirées ; quelques-unes devinrent inclinées, d'autres perpendiculaires ; beaucoup se détachèrent et se séparèrent : la matière interne, encore molle, s'étant ouvert une voie à la faveur des déchirures, s'insinua dans les intervalles formés par l'éloignement réciproque des couches ; et si son dégorgement avait été assez copieux, elle eut pu se répandre même sur la superficie. Il n'est pas possible de déterminer les accidens et les combinaisons qui dûrent résulter d'une opération uniquement dirigée par le hasard. Cependant dans ce désordre

général occasionné par le développement des gaz et des vapeurs, et par le resserrement de la superficie qui se consolidait, il y a eu comme on le verra dans la suite, une cause dont l'action tendait à produire du moins autant que possible, une certaine régularité d'effets, au milieu de tant de phénomènes dépendans de combinaisons accidentelles. Si l'on observe, en général, les grandes chaînes de montagnes, on y remarquera un plan presque uniforme qui indique qu'une loi générale et constante a présidé à leur construction; mais si l'on vient à examiner en détail les parties qui les constituent, on ne pourra qu'y reconnoître beaucoup d'anomalies qui sont le produit des combinaisons particulières.

§ 132. Tant que les gaz et les vapeurs pouvaient traverser la masse encore fluide, ils ne produisaient aucun vide permanent, parce qu'à peine passaient-ils d'un lieu à un autre, que les parties qu'ils avaient séparées, retombant sur elles mêmes, retournaient à leur première place: mais lorsqu'ils arrivaient à la superficie où les parties étaient déjà consolidées ou près de l'être, s'ils avaient une force suffisante pour la soulever et la rompre, ils occasionnaient des séparations de continuité et des affaissemens proportionnés au torrent vaporeux ou gazeux qui s'ouvrait un passage. A ces causes qui devaient produire des déchiremens dans la superficie, et détruire sa

régularité, on peut joindre celle dont nous avons déjà parlé, c'est-à-dire, le resserrement de la matière à mesure que la croûte se consolidait par le refroidissement. C'est ici un phénomène qui se fait plus ou moins remarquer soit dans les corps fondus quand ils se refroidissent, soit dans les corps mous quand il sèchent : et comme le resserrement des parties ne peut être uniforme, la superficie présente nécessairement beaucoup d'enfoncemens dont quelques-uns pénètrent dans la masse interne jusqu'à une certaine profondeur.

§ 133. Il est très-probable que c'est à la même cause dont nous venons de parler, qu'on doit attribuer ces grandes crevasses ou profondes cavités qu'on rencontre dans quelques lieux: telles sont, celle d'Ordesa près le Mont Perdu, laquelle suivant Ramond, a 896 mètres (2754 pieds) de profondeur; celle de Rio Curacu dans le Pérou, dont la profondeur, suivant Humboldt, est de 1364 mètres (4200 pieds); et celle de Chota dans le royaume de Quito, à laquelle, suivant le même auteur, on donne 1566 mètres (4824 pieds) de profondeur. Pour offrir ici en petit un exemple de ces fentes produites par le refroidissement des substances qui ont été fondues, je citerai celle qu'on remarque dans un courant de lave des Champs Phlégréens à l'endroit appelé *Fosso spaccato*. Si dans ce petit lit de lave, le retirement causé par le refroidissement, a produit une

ouverture de 150 pieds de longueur, de 4 à 5 de largeur, et d'une profondeur inconnue (1), quelles immenses déchirures ou cavités n'ont-elles pas dû résulter du refroidissement des grandes masses du globe ?

§ 134. M.r La-Métherie a proposé cette même idée dans l'hypothèse de la cristallisation aqueuse. Voici comme il s'exprime § 1509 de la *Théorie de la terre :* « Il est certain qu'une sphère de » 2865 lieues de diamètre, comme la terre, » qui a une grande chaleur intérieure et qui » se refroidit à sa surface, doit se gercer à » cette surface, et qu'il doit s'y produire des » fentes considérables ou de grands écartemens » à l'extérieur, qui pénétreront à une profondeur » plus ou moins grande et produiront des vides » considérables. On peut donc regarder comme » certain que la même chose a eu lieu pour la » terre. Cette cause a pu produire des vallées » plus ou moins profondes, et des écartemens » qui servent aujourd'hui de bassins à différentes

(1) Toutes les fois que j'ai visité cet endroit avant 1798, j'ai inutilement tenté de reconnoître la profondeur de la fente. Les parties des deux parois opposées s'avancent sur la fente et se croissent de manière qu'elles empêchent d'y faire descendre une sonde ou d'y faire tomber librement une pierre qui par le temps de sa chute puisse indiquer la profondeur. En me plaçant directement sur la fente, j'y ai jeté des pierres que j'ai entendu rouler pendant six ou sept secondes, sans pouvoir distinguer le bruit du coup qui aurait frappé sur le fond.

» mers, soit des méditerranées, comme la mer » Rouge, la Méditerranée, la Baltique, le sein » Persique, etc., soit aux grandes mers, comme » l'Atlantique. » Considérer les grandes irrégularités de la superficie terrestre comme contemporaines de sa consolidation et produites par son refroidissement, me paroît une conjecture très-probable; aussi n'ai-je pas fait difficulté de l'adopter. Mais en premier lieu, j'appréhende que les effets attribués par M.r La-Métherie au seul resserrement des parties de la superficie terrestre, ne soient exagérés; et je crois qu'il convient de recourir encore aux autres causes que j'ai déjà signalées, et particulièrement au développement des gaz et des vapeurs. En second lieu, je ne vois pas comment on pourrait faire concorder cette idée avec la doctrine sur les dépositions et les cristallisations aqueuses. La chaleur centrale du globe, suivant La-Métherie, procède de la chaleur primitive, et celle-ci était nécessaire à la fluidité de l'eau qui tenait en dissolution tous les élémens. Mais on peut douter si cette quantité de calorique qui suffisait pour rendre l'eau fluide, était capable de produire les effets qu'on lui attribue. Quoiqu'il en soit, et de quelque manière qu'on veuille envisager son action, on peut se référer à ce qui a été dit dans le § 77 sur l'opinion de La-Métherie relativement à la chaleur primitive de la terre. C'est une singularité remarquable

de voir les partisans du neptunisme obligés d'admettre cette chaleur primitive ainsi que les effets qu'elle devait produire dans la masse terrestre, sans en pouvoir indiquer la source. Mais pourquoi s'obstiner à soutenir des hypothèses aussi compliquées que celles de la cristallisation et de la dissolution aqueuses, lorsque pour rendre raison des phénomènes, nous sommes à chaque instant forcés de recourir à la chaleur, et que celle-ci nous offre, sans effort, les explications que nous cherchons vainement ailleurs.

CHAPITRE XXII.

De la formation des cavernes.

§ 135. Lorsque l'effort des gaz et des vapeurs s'est trouvé trop foible pour pouvoir vaincre la résistance de la masse, ils ont dû, dans l'endroit où ils se sont arrêtés, écarter les parties de leur contact mutuel, et ces parties en se consolidant, auront nécessairement laissé des vides proportionnés à la quantité des gaz et des vapeurs, et à leur expansion. C'est ainsi que dans les courans de lave, nous voyons se former tantôt de petits pores, tantôt de vides plus ou moins grands, et quelquefois même des espèces de galeries. Il me semble qu'on peut expliquer de cette manière, l'origine des cavités internes du globe, lesquelles ont dû être beaucoup plus fréquentes vers la superficie où les parties avaient une moindre densité que celles de l'intérieur. La nature est toujours la même soit qu'elle opère en grand ou qu'elle opère en petit: la différence de l'échelle sur laquelle ses opérations sont graduées, n'influe en rien sur sa manière d'agir. Une masse considérable de gaz ou de vapeur qui s'arrête dans un endroit, formera une immense caverne; de petites bulles produiront de

petits vides. Parmi les cavernes contemporaines de la consolidation du globe, il en est beaucoup qui ont été comblées en grande partie par l'écroulement de leurs voûtes, ce qui, comme nous le dirons dans la suite, a donné lieu à des abaissemens successifs de la mer et a déterminé l'état actuel de son niveau. Il est maintenant très-rare de trouver dans les roches primitives, des cavernes d'une grande étendue, parce que les roches de cette formation qui sont présentement voisines de la superficie de la terre, occupaient une position beaucoup plus interne, lorsque le niveau de la mer était tout au moins plus haut de 12 mille pieds. Nul doute par conséquent que la partie la plus superficielle et la plus caverneuse de la croûte primitive du globe ne se soit écroulée. Si dans le calcaire primitif, on rencontre quelquefois des cavernes d'une certaine grandeur, on doit en attribuer l'origine aux érosions des eaux ; mais la force de ces eaux ne peut sous aucun aspect, être comparée à celle des immenses torrens des gaz qui se sont développés dans la fusion général du globe: aussi ces cavernes dont nous venons de parler, sont-elles sans contredit plus petites, et n'ont-elles aucun rapport avec celles qui furent contemporaines de la consolidation des roches primitives ?

§ 136. Tous les géologues, sans excepter ceux qui sont les plus zélés partisans du système de

la précipitation aqueuse, admettent l'existence des cavernes, qui pour me servir des expressions de quelques-uns d'entr'eux (Voy. De Luc, *Élémens de géologie*, pag. 50), *tenant par leur origine à la constitution primitive du globe, deviennent un guide pour la déterminer.* On remarque toutefois une étrange confusion dans la manière avec laquelle ces naturalistes expliquent l'origine de ces cavités, lorsqu'ils disent qu'*elles se sont formées par une suite de la même disposition des choses qui a produit la différence des précipitations successives dans le même liquide;* et je confesse que je trouve beaucoup d'obscurité dans ce que De Luc ajoute relativement à ces mêmes cavités. *On y voit*, dit-il, *pourquoi les catastrophes évidemment survenues en différens temps ont été ainsi successives : c'est que la formation des cavernes devait l'être par la cause même qui les produisait.* Dans ses lettres à Blumenbach, imprimées peu d'années avant la publication des *Élémens de géologie*, en parlant des cavernes, lettre 3.°, période 3.°, le même auteur en avait expliqué la formation de la manière suivante : après avoir établi l'existence de l'élément de l'eau dans la partie superficielle de la masse terrestre jusques à une certaine profondeur, son passage à l'état de fluidité par le moyen du feu (Voy. § 26), et la précipitation des granits qui formèrent une couche dans le

fond de ce fluide, il supposait qu'au-dessous de la couche granitique, il était resté un amas de vase mêlée de liquide, laquelle s'infiltra peu à peu dans la masse des *pulvicules* et y produisit des enfoncemens, comme nous voyons que cela arrive dans le sable lorsqu'on verse de l'eau par-dessus.

§ 137. Qu'on observe que dans l'hypothèse de De Luc, la masse de ce qu'il appelle *pulvicules*, est l'agrégation de tous les élémens terrestres incohérens qui restèrent dans la partie la plus centrale du globe. Ces *pulvicules* étant d'espèce différente, le liquide qui s'infiltrait dans leur masse, y produisait çà et là des modifications particulières desquelles dérivèrent plusieurs masses dures, diversement ramifiées, qui consolidées et résistant d'abord à l'affaissement, servirent d'appui à la croûte des couches, laquelle se soutint ainsi pendant quelque temps, quoique l'infiltration subie par les *pulvicules* produisit des cavernes. Cependant ces cavernes venant à s'étendre sous les bases des masses solides qui formaient les pilastres et les divisions, les masses elles-mêmes s'écroulèrent, et la croûte manquant d'appui, se rompit par parties d'une étendue plus ou moins considérable.

§ 138. Je m'écarterais trop de mon sujet, si je voulais examiner en détail toute cette théorie très-compliquée, et dont les diverses parties sont pour la plupart aussi difficiles à concevoir que

contraires aux notions généralement reçues. Il paroît démontré que la partie la plus centrale du globe doit être composée de la matière la plus dense, la plus compacte (Voy. § 34); comment donc cette masse incohérente de *pulvicules* a-t-elle pu se consolider? Difficilement concevra-t-on de quelle manière le fluide aqueux qui était seul près de la superficie, pût en s'infiltrant arriver jusqu'au centre. Mais laissant de côté toutes les réflexions qu'on pourrait faire sur une hypothèse qui n'offre aucune sorte de vraisemblance, et me bornant au seul point qui mérite d'être discuté, et qui est relatif aux cavernes, j'observerai que l'origine que j'ai assignée à leur formation, est très-facile à expliquer, et me paroît fondée sur les phénomènes dont nous voyons chaque jour des exemples, soit dant les grandes fusions des volcans, soit dans les petites fusions de nos laboratoires.

§ 139. Tous les gaz qui se développèrent dans le refroidissement du globe, n'eurent donc pas la force d'arriver jusqu'à la superficie et de se mettre en liberté: beaucoup s'arrêtèrent au voisinage de cette superficie et y produisirent des vides. Quelques-uns de ces vides proportionnés au volume et à l'élasticité des gaz, auront pu communiquer entr'eux; d'autres auront été séparés, s'il est permis de s'exprimer de la sorte, par des murs mitoyens: et si dans les courans

de lave, il se forme quelquefois des galeries de plusieurs pieds de hauteur et d'une étendue correspondante, quelles immenses cavités n'auront-elles pas pu être produites par une masse incommensurable de vapeurs et de gaz qui dûrent se développer dans la fusion générale de la matière ? Comme nous aurons occasion de revenir sur ce sujet, nous nous bornerons pour le présent à faire observer que beaucoup de phénomènes qui s'opèrent de temps en temps à la superficie de la terre doivent être attribués aux écroulemens de ces vastes cavernes qui se sont formées dans le globe, et ont été sans doute très-multipliées. Toutes les fois que les mêmes circonstances se sont réproduites, c'est-à-dire, que quelque partie de la masse terrestre s'est consolidée et qu'il y a eu en même temps développement de gaz, de semblables cavernes ont dû se former non-seulement dans les parties du globe qui sont contemporaines de sa consolidation, mais encore dans celles dont l'origine se rapporte à des époques postérieures. On ne doit pourtant pas se dissimuler que les cavités souterraines qui existent dans ces dernières parties, ont été produites les plus souvent par un autre principe, savoir, par l'action des eaux; et il est probable que c'est à cette cause, qu'on doit attribuer la majeure partie des cavernes des montagnes calcaires et gypseuses qui appartiennent

à un ordre de choses beaucoup plus récent : je dis *la majeure partie*, parce que M.r Humboldt, dans la *Relation historique de son voyage*, tom. 1, liv. 3, assure avoir vu « des grottes qui ressem- » blaient à des entonnoirs ou à des puits, et » que l'on pouvait attribuer au dégagement de » quelque fluide élastique à travers une masse » non endurcie. » Le même auteur ajoute : « Ce qui dans les roches coquillières ou nep- » tuniennes, appartient à l'action des eaux, » semble être quelquefois dans les roches vol- » caniques, l'effet d'émanations gazeuses qui » agissent dans la direction où elles trouvent le » moins de résistance. Lorsqu'une matière fon- » due se meut sur une pente très-douce, les » grands axes des cavités formées par le dégage- » ment des fluides élastiques, sont à peu près » horizontaux ou parallèles au plan sur lequel » a lieu le mouvement de translation. Un dégage- » ment semblable de vapeurs joint à la force » élastique des gaz qui pénètrent des couches » ramollies et soulevées, paroît donner quelque- » fois une grande étendue aux cavernes que l'on » trouve dans les porphyres trapéens. » Il ne faut donc pas perdre de vue que l'étendue des cavernes étant nécessairement proportionnée à la force qui les produit, celles dont l'origine appartient à la première consolidation du globe, doivent avoir été infiniment plus grandes que les autres.

§ 140. La communication qui existait autrefois entre la Sicile et l'Italie, est tellement confirmée par tous les anciens écrivains, qu'on ne peut plus la révoquer en doute; et il me paroît que la raison la plus vraisemblable qu'on puisse donner de la séparation de ces deux contrées, est l'affaissement de cette partie de terre qui en faisait la communication, affaissement occasionné peut-être par les secousses de l'Etna, volcan situé dans le voisinage du détroit de Messine. La profondeur de ce détroit qui est d'environ mille pieds, peut nous donner une idée de la vaste capacité et de l'énorme enfoncement de ces cavernes, puisqu'elles furent capables d'engloutir dans leur sein une masse de terre si considérable. Que si nous voulons nous référer à des temps plus rapprochés de nous, nous ne manquerons pas de phénomènes de ce genre, et dont l'histoire nous a transmis des documens très-certains. Le 1.er avril 1556, la province de Chansy dans la Chine subit un affaissement presque général; en 1678, quelques parties des montagnes des Pyrénées s'écroulèrent; en 1680, le même phénomène eut lieu en Irlande; en 1693, l'île de Sorca, l'une des Moluques, disparut entièrement à suite d'une grande éruption du volcan qui s'était formé au centre de cette île; en 1715, une montagne du Valais s'écroula subitement; et en 1751, une autre

montagne, dans la Savoie, s'affaissa sur sa base. Donati qui examina les circonstances de ce dernier phénomène, évalua à trois millions de toises cubiques la quantité de matière qui fut déplacée, et il reconnut dans la montagne qui s'était affaissée, des traces d'autres éboulemens plus anciens.

§ 141. A cette classe de phénomènes appartiennent encore ces mouvemens extraordinaires accompagnés du retirement subit des eaux de la mer et des violentes oscillations qu'elle éprouve quelquefois. Ebul-Alshir, historien arabe, nous a transmis la notice d'un retirement de la Méditerranée laquelle s'abaissa tout à coup de 160 pieds l'an de l'hégire 343 (937 de notre ère); il remarque que de la plage, on aperçut des montagnes et des îles qui ne tardèrent pas à être recouvertes par les eaux. Kracheninikow fait mention d'un abaissement semblable arrivé à Kamtchatka et dans les îles Aleutiennes en 1737. Mitchell dans les *Transactions philosophiques*, tom. 51, pag. 566, en parlant du tremblement de terre de Lisbonne, arrivé en 1755, assure que la barre à l'embouchure du Tage resta à sec, et qu'ensuite la mer s'élevant comme une montagne, vint la recouvrir. Un pareil phénomène eut encore lieu, à la même époque, dans l'île de Madère, où la mer étant parfaitement calme, se retira tout à coup, et puis revint avec une très-grande agitation des flots, jusqu'à la ville de Funchal.

Digitized by Google

Ulloa raconte deux événemens semblables arrivés à Callao, l'un en 1687; à cette époque la mer se retira et revint ensuite jusqu'à la ville : lors du second événement, qui se rapporte à l'an 1746, la mer après s'être retirée de la ville, y revint avec tant de furie, qu'elle détruisit le fort de *Santa Cruz*, et que de 4000 habitans, il n'y en eut que 200 qui eurent le bonheur d'échapper à ce désastre. Enfin la mémoire de l'événement arrivé à Marseille le 28 juin 1812, est encore récente; l'eau de la mer s'abaissa subitement dans le port où il se forma un courant si rapide qu'il fallut tirer la chaîne pour retenir les bâtimens; puis la mer revint avec une impétuosité si extraordinaire, qu'elle remplit de nouveau le port, et s'accrut même à un tel point qu'elle inonda les rues voisines de la plage; elle se retira de nouveau, revint pour la seconde fois, et ces mouvemens oscillatoires ne cessèrent que lorsque les eaux furent rétablies dans leur parfait état d'équilibre.

§ 142. Comme la première chose qu'on observe dans ces phénomènes est le retirement subit de la mer, l'explication la plus naturelle et la plus vraisemblable qu'on en puisse donner, c'est de supposer que la voûte de quelque caverne située au-dessous de la mer et à peu de distance de la plage, s'est écroulée: le fluide ambiant accourt et se précipite pour remplir l'espace vide

du gouffre qui vient de se former; par-là, le niveau de la mer perd son équilibre, et la masse des eaux se porte avec impétuosité vers les endroits où le niveau s'est abaissé; la violence avec laquelle le fluide va occuper les sites qui sont restés vides, fait qu'il monte à une hauteur de beaucoup supérieure à celle de son niveau naturel: il est donc encore forcé de rétrograder, et ainsi de suite, jusqu'à ce que ces osçillations devenant successivement moindres, la mer ait repris la situation qui convient à l'équilibre de ses eaux.

Digitized by Google

CHAPITRE XXIII.

Digression sur l'Atlantide.

§ 143. Il paroît que la submersion de l'Atlantide peut encore être considérée comme l'un de ces grands phénomènes qu'on doit attribuer à l'écroulement des cavernes. Les deux passages du *Timée* et du dialogue intitulé *Critias*, dans lesquels Platon parle de cette île, sont assez connus (1). Je n'ignore pas qu'un grand nombre

(1) Ceux qui n'ont point présens à leur mémoire ces deux passages de Platon, seront peut-être bien aises que nous les rapportions ici. Nous observons avec M.r Bailly, que Platon, encore enfant, écoutait son aïeul Critias qui mourut à l'âge de quatre-vingt-dix ans. Celui-ci dans sa jeunesse avait été instruit par Solon, législateur d'Athènes. Platon introduit donc dans son *Timée*, un prêtre d'Égypte qui disait à Solon : « Nos mémoires » rapportent comment votre république résista jadis aux efforts » d'une grande puissance, qui, sortie de la mer Atlantique, » avait injustement envahi l'Europe et l'Asie. Sur les bords de » cette mer, était une île vis-à-vis de l'embouchure que vous » appelez *Colonnes d'Hercule*, et cette île avait plus d'étendue » que la Lybie et l'Asie ensemble. Dans cette même île Atlan- » tide, il y avait des rois qui jouissaient d'une grande puissance ... » ils régnaient, en outre, d'une part, sur tous les pays depuis » la Lybie jusqu'en Égypte ; et de l'autre, savoir, du côté de » l'Europe, jusqu'à Tyrrhène. L'orgueil de leurs forces réunies » tenta de soumettre votre pays, le nôtre et toutes les autres » provinces situées en deçà des colonnes d'Hercule, où avait

de savans auteurs n'ont voulu voir dans ce fait historique, qu'un roman créé par l'imagination poétique de Platon, et embelli de toutes les grâces du style. Si cette opinion était réellement fondée, toute recherche ultérieure serait inutile. Mais comme le récit de Platon ne présente aucune circonstance qui répugne aux lois de la nature ou qui soit contraire à ces phénomènes qu'on remarque assez souvent dans le cours ordinaire de ses opérations, nous croyons qu'il ne sera pas inutile d'examiner comment ce fait singulier

» commencé leur irruption. Ce fut alors que votre république » se montra supérieure à tous les mortels par la force et par » la vertu... Elle triompha de ses ennemis et elle érigea des » trophées de sa victoire... Mais lorsque dans les derniers » temps, il arriva des tremblemens de terre et des inondations, » tous vos guerriers furent engloutis par la terre *dans l'espace* » *d'un jour et d'une nuit*; l'île Atlantide disparut dans la mer. » Dans le dialogue intitulé *Critias*, Platon reprend le même sujet, et entre dans de plus grands détails; il parle des mines métalliques de l'île, de la richesse et de la magnificence de ses rois, des monumens publics qu'on y avait élevés, de sa figure et de son étendue, de ses montagnes, de ses villes et de ses villages, de son administration civile et judiciaire, etc.; puis il ajoute que « les Atlantes après quelque temps crurent devenir plus heureux » en accumulant d'injustes richesses, et plus grands en acquérant » plus de puisssance; la soif du luxe et du pouvoir les porta » à dépouiller les peuples, à conquérir les provinces voisines et » ils se répandirent sur la terre... Mais Jupiter, qui voit tout, » vit la dépravation de ces peuples et résolut de les punir. » Ici finit le texte de Platon; le reste manque. Le châtiment de Jupiter fut sans doute d'abord, la conquête de l'île par une nation étrangère, et ensuite sa submersion.

a pu avoir lieu. Que la narration de Platon soit mêlée, si l'on veut, de quelques épisodes fabuleux? Cela peut être : nos poèmes contiennent aussi des allégories mythologiques, et ils ne laissent pas que d'avoir un fonds de vérité.

Nous laissons aux érudits le soin de discuter la question relative à la position de cette île aussi célèbre qu'énigmatique, et de nous apprendre si elle était la même que l'Amérique, comme plusieurs l'ont pensé, ou quelque île de la mer Glaciale du Nord, comme M.r Bailly a tâché de le prouver avec beaucoup d'érudition, ou la Suède comme l'a prétendu le suédois Rudbeck, ou enfin comme cela nous paroît beaucoup plus probable et plus conforme aux paroles de Platon, un grand continent environné de la mer et situé dans les lieux où sont maintenant les îles du Cap-Vert, Madère, les Canaries, les Açores, etc. L'étendue de ce continent ou de cette île aurait été d'environ 800 lieues de longueur sur une largeur moyenne de près de 400 lieues; d'où il suit qu'elle eût été beaucoup plus petite que la Nouvelle Hollande, à laquelle on donne 1100 lieues de longueur, et 750 de largeur. Notre examen n'aura donc pour objet que les paroles même de Platon qui dit positivement que cette grande étendue de terre sur laquelle avaient régné plusieurs souverains, et d'où étaient sorties de puissantes armées, *fut engloutie dans*

l'espace d'un jour et d'une nuit, et resta couverte des eaux de la mer.

§ 144. M.r Bailly qui a analysé les paroles de Platon, passe très-légèrement sur cette dernière circonstance, qui me paroît la plus intéressante; et il croit que l'île devint inaccessible à cause de la grande quantité des glaces qui s'y formèrent à mesure que le globe se refroidissait vers les pôles : mais à moins qu'on ne regarde comme entièrement fabuleux le récit de Platon, et il ne paroît pas que M.r Bailly soit de ce sentiment, je ne vois pas qu'on puisse donner une interprétation plus opposée aux paroles du philosophe grec, qui n'a pas dit que l'île fut abandonnée, parce qu'elle était devenue inhabitable; il remarque au contraire que cette île fut submergée non dans un instant, mais dans l'espace de 24 heures, ce qui semble indiquer l'écroulement successif des voûtes de plusieurs cavernes qui soutenaient le sol. Il n'est pas nécessaire de supposer une seule immense caverne qui eût la même étendue que toute l'île, comme La-Métherie semblait pencher à le croire; le même effet pouvait être produit par l'écroulement de plusieurs cavernes contigues dont les divisions restées en pied (1), correspondent aux

(1) Peron dans le voyage des découvertes aux Terres australes, dit que dans les îles Canaries on ne trouve point de véritables granits, et que tout l'Archipel étant exclusivement volcanique,

îles qui subsistent encore. La grande oscillation que l'écroulement de la première caverne aura occasionnée à la terre, se sera communiquée aux parties les plus voisines, et s'il y avait dans celles-ci d'autres cavernes, l'écroulement se sera propagé successivement dans toute l'étendue des vides souterrains.

§ 145. On trouve une raison aussi simple que naturelle de ce grand phénomène dans les convulsions que l'île dut éprouver par l'action des volcans dont quelques-uns vomissent encore des flammes, tels sont ceux des Açores, des Canaries et du Cap-Vert. A ces volcans, il faut ajouter ceux qui sont déjà éteints, mais dont il reste des traces évidentes. Dans l'appendice de cet ouvrage, nous signalerons les principaux de ces mêmes volcans qui ont conservé leur activité. Parmi ceux-ci, celui du Pic de Ténériffe ou de

---

les partisans de l'Atlantide doivent supposer ou un continent d'une très-grande étendue entièrement volcanique, ou que les parties volcaniques de ce continent ont seules échappé à la catastrophe, hypothèses qui toutes deux manquent également de vraisemblance. Mais M.r Escolar, savant minéralogiste espagnol, a vu dans l'île de Fortaventure une roche primitive siénitique; et M.r De Buch a découvert dans le grand cirque de l'île de Palma qu'il regarde comme un ancien cratère, une autre roche primitive composée d'une base sfeld-spathique qui renferme des grenats et des actinotes. Les formations calcaires et gypseuses de Lanceroto et de Fortaventure sont des couches subordonnées à la formation des tufs volcaniques (Voy. Humboldt, *Relation historique*, pag. 640).

Téide mérite sans doute une mention particulière. M.r Humboldt (Voy. *Journal de physique*, frimaire, an 8) nous apprend que ce volcan fit une terrible explosion le 9 juin 1798 : il observe aussi que depuis plusieurs siècles, les laves ne coulent plus du cratère, mais qu'elles s'échappent des flancs de la montagne. Le mont Atlas qu'Homère et Hésiode on célébré dans leur poèmes, qui d'un côté connoissait la profondeur de la mer, et de l'autre, soutenait les grandes colonnes qui séparent le ciel de la terre, et près duquel étaient situés les Champs Élysées et les jardins des Hespérides, nous paroît indiquer le Pic de Ténériffe ; et peut-être le Dragon gardien des jardins, n'était-il que le symbole du volcan de cette île ? (1). Les Phéniciens ou plus probablement les Carthaginois qui les premiers eurent le courage de passer le détroit de Gibraltar, et de naviguer dans la mer Atlantique, dûrent être frappés d'étonnement à l'aspect de cette montagne gigantesque, qui, comme une immense

(1) Dans la personne de Typhon, fils de la Terre, qui vomissait des flammes de ses cent bouches, on ne peut que reconnoître l'image allégorique d'un volcan. Apollodore, Bibl., liv. 2, raconte que Typhon eut une fille (la chimère), monstre qui vomissait aussi le feu, et un fils qui était le dragon, gardien de ces fameux jardins, selon le récit de Phéracide cité par le Scoliaste d'Apollonius de Rhodes (Argo. IV, V, 1396). Ce dragon par les attributs de la famille à laquelle il appartenait, ne pouvait être aussi que le symbole d'un volcan.

pyramide de la hauteur d'environ 1900 toises, semble sortir du sein de l'océan ; ils dûrent en même temps être saisis d'admiration à la vue de ces îles fortunées, placées sous le climat le plus tempéré, et embellies de toute sorte de fruits et des plantes les plus rares. Tous les voyageurs qui ont visité ces îles, ne parlent qu'avec enthousiasme, de l'extraordinaire beauté des campagnes situées à la base occidentale du volcan, et le tableau qu'en fait le célèbre Humboldt, suffirait pour justifier la dénomination de *fortunées* qu'on a donnée a ces mêmes îles (Voy. la *Relation historique du voyage*, part. 1, chap. 2). Les relations des anciens navigateurs ayant passé en Égypte, et de là dans la Grèce, y firent connoître le mont Atlas, connoissance dont la tradition propagée par les chants des poètes, parvint jusques aux temps d'Homère ; et nous croyons très-probable que les mêmes navigateurs ayant eu commerce avec les peuples (1) qui habitaient

(1) On a cru que les Guanches dont parlent Goldberry, Kant, Bory de S. Vincent, Macartney, etc., sont les descendans des anciens Atlantes ; mais Humboldt assure qu'il est bien prouvé qu'il n'existe maintenant dans ces contrées aucun indigène de race pure. Dans le 15.e siècle, presque toutes les nations commerçantes et principalement les Espagnols et les Portugais alloient chercher des esclaves dans les îles Canaries. Ces îles, ajoute l'auteur déjà cité, étaient alors divisées en une multitude de petits états ennemis les uns des autres, et les nations commerçantes avaient grand soin d'entretenir parmi eux, les guerres

l'Atlantide et s'y étaient conservés après la submersion des parties les plus considérables de cette île, apportèrent aussi dans la Grèce la notice de cette grande révolution dont Platon nous a transmis la mémoire.

§ 146. Cependant si les descriptions que les poètes nous ont données de l'Atlas, correspondent au Pic de Ténériffe, les notions que les géographes nous ont laissées sur cette montagne sont très-incertaines. Ptolomée, Strabon et les anciens géographes placent l'Atlas sur la côte occidentale de l'Afrique, où il n'y a aucune montagne d'une hauteur remarquable. Vers le commencement de nòtre ère, lorsque les Romains portèrent leurs armes dans la Mauritanie et dans la Numidie, on donna pour la première fois le nom d'Atlas à la chaîne de montagnes, qui, dans la partie septentrionale de l'Afrique, s'étend de l'est à l'ouest, au nord du grand désert de Sahara. La description qu'en fait Pline dans le liv. 5, chap. 1, est très-intéressante. Il place

intestines pour profiter de la vente des esclaves qui en résultaient. A ce commerce qui avait déjà considérablement affoibli la population des Canaries, il faut joindre les rapines des pirates, et surtout les longues calamités qui furent la suite de la conquête de ces îles par Alonzo de Luga. Le peu de Guanches qui restèrent, furent détruits en grande partie l'an 1494, par la fameuse peste appelée la *modorra*, qu'on croit avoir été occasionnée par le grand nombre de cadavres que les Espagnols laissèrent exposés en plein air après la bataille de la Lugana.

l'Atlas dans l'Afrique, au milieu des sables, l'appelle *fabulosissimum* et lui attribue les caractères que les poètes grecs avait donnés à la montagne du même nom. Mais Humboldt demande (Voy. *Tableaux de la nature*, ouvrage dont j'ai tiré une grande partie des notices qui précèdent) comment les Romains purent se persuader d'avoir trouvé dans une longue chaîne de montagnes, le mont isolé d'Homère, d'Hésiode et d'Hérodote? Il croit que cela est arrivé par une illusion d'optique qui fait qu'une chaîne de montagnes vue de profil, dans le sens de sa largeur, semble un pic détaché. L'Atlas près de Maroc étant toujours couvert de neige, doit avoir au moins 1800 toises de hauteur; il est donc possible que les Romains n'ayant observé que cette partie, lui donnèrent les caractères et la dénomination de l'Atlas des poètes; mais il nous paroît que leur illusion aurait dû cesser, lorsque pénétrant dans l'intérieur de la province, ils purent parcourir et reconnoître la base de la montagne.

§ 147. L'hypothèse de Goldberry sur l'Atlantide nous paroît aussi vraisemblable qu'ingénieuse. Cet auteur prétend que la chaîne actuelle de l'Atlas d'Afrique s'étendait autrefois jusqu'à l'Atlantide qui par conséquent était alors unie au continent; que cette contrée par suite de quelque catastrophe fut séparée de la terre ferme,

et resta isolée comme cela est arrivé à la Sicile et à l'Angleterre, qui ont été détachées, l'une de l'Italie et l'autre de la France; et qu'alors cette même contrée prit la dénomination d'île, retenant le nom d'Atlantide. Celle-ci serait donc l'Atlantide de Platon. Des révolutions postérieures l'ont morcelée en faisant écrouler beaucoup de ses parties. Dans cette hypothèse, les montagnes des îles Canaries ainsi que celle de Ténériffe, auraient été des branches d'une même chaîne, et auraient conservé le même nom, même après les révolutions par lesquelles le peu de parties de cette malheureuse contrée qui restèrent en pied, furent séparées de l'Afrique, tandis que les autres s'affaissèrent dans les cavernes souterraines, et furent couvertes des eaux de la mer. Du reste, les îles Canaries sont toujours considérées comme appartenant au continent d'Afrique, et offrent partout les traces bien décidées et bien caractérisées d'anciens déchiremens, et l'empreinte des catastrophes qui ont bouleversé cette partie du globe. Sans parler des autres bouches ignivomes, le seul volcan de Ténériffe était bien capable de produire les plus étranges révolutions, et d'étendre ses ravages sur tous les lieux qui se trouvaient dans la sphère d'activité. Si nous pouvions juger de l'intensité d'un volcan, par l'étendue de son cratère, quelle force ne pourra-t-on pas attribuer à celui de Ténériffe dont

l'ancien cratère, suivant les mesures prises par Escolar, et rapportées par Cordier, devait avoir 12 lieues carrées de superficie.

Concluons avec Goldberry, que la tradition des Atlantes d'Afrique et de l'Atlantide, tradition qui s'est conservée sans altération pendant le cours de tant de siècles, et qui ne répugne point aux phénomènes de la nature, ne paroît pas devoir être rejetée en entier, ni confondue obscurément avec des allégories et des fables.

Google

CHAPITRE XXIV.

Le refroidissement de la partie interne du globe a été régulier et progressif.

§ 148. Le diamètre de la terre a été évalué par les astronomes à 2865 lieues. Supposons une époque à laquelle le refroidissement se sera seulement propagé jusqu'à la moitié de cet espace : il sera resté dans l'intérieur une sphère du diamètre de 1432 lieues, sphère composée de matière encore fluide, et dont le refroidissement a dû s'opérer d'une manière différente de celle qui a eu lieu lorsque l'autre partie voisine de la superficie s'est refroidie. Dans celle-ci le refroidissement a été l'effet du développement des vapeurs et des gaz avec lesquels le calorique s'était combiné, et dans lesquels il était devenu latent ; mais dans la partie centrale restée fluide, les gaz ne pouvaient se produire ou se développer du moins en abondance, vu qu'ils étaient comprimés par le poids de toute la masse. Là où les bases solides des gaz ont rencontré le calorique, il en est résulté des fluides élastiques et même des vapeurs dans la partie centrale du globe ; mais dans le moment même de leur formation, les fluides élastiques ont été, pour ainsi

dire, étouffés, et ne pouvant exercer leur force expansive, ils se sont transformés en matières solides. Ainsi en passant de l'état aériforme à l'état concret, ils ont restitué à la masse générale ces particules de calorique par lesquelles ils avaient été gazifiés, et leur formation a été instantanément suivie de leur décomposition. Ce qui est arrivé à ces gaz, on peut l'observer en petit, lorsqu'on brûle de la poudre à canon dans un récipient parfaitement fermé, et dont les parois ont une solidité suffisante pour résister à la force qu'elle déploie. L'inflammation de la poudre produit des gaz élastiques; mais si l'évaporation de ces gaz est retardée pour peu d'instans, ils se transforment en une matière solide, dure, compacte, qui s'attache fortement aux parois du canon, et n'en peut être détachée qu'à l'aide du foret (Voy. l'*Expérience de Rumford sur la force de la poudre*, vol. 10.e de la Bibl. brit.). Il est donc très-probable que le refroidissement de la partie centrale de la terre n'a été ni tumultueux, ni violent; les combinaisons dans lesquelles le calorique libre de la partie centrale est entré, se sont opérées avec lenteur, et à mesure que le calorique lui-même a pu se propropager dans les parties les plus voisines de la superficie où le développement des gaz était plus facile.

§ 149. D'un pareil refroidissement produit avec lenteur, et par le moyen d'une transfusion progressive des parties calorifères, il devait résulter un plus grand rapprochement des parties, et par conséquent une matière plus compacte et plus pesante. Buffon pensait (Voy. *Preuves de la théorie de la terre*, art. 2) que l'intérieur du globe est occupé par une matière à peu près semblable à celle dont se compose sa superficie. Un des principaux motifs qui avaient déterminé son opinion, était que dans le temps de la première formation du globe, la matière étant dans l'état de fusion, devait être homogène, et presque également dense dans toutes ses parties. Mais, quoiqu'on veuille admettre que dans la fusion, les substances homogènes sont réduites à un composé égal et uniforme, cela n'empêche pas que dans le refroidissement il ne puisse intervenir des séparations; de plus les parties qui se refroidissent lentement, passent à un contact mutuel beaucoup plus intime, et par-là, elles acquièrent plus de densité: au contraire celles dont le refroidissement est rapide, se trouvant gonflées par le développement de quelque gaz, forment des corps plus poreux, et par conséquent moins denses et moins compactes. Dans les §§ 33 et 34 nous avons exposé les raisons qui portent à croire que les parties internes du globe doivent être formées d'une matière différente de celle dont se compose la superficie.

§ 150. Cependant la partie centrale du globe pouvait être encore en fusion et incandescente, pendant que la superficie ayant déjà acquis une température modérée, était propre au développement et à l'existence des corps organiques. Ceci ne paroîtra point étrange à quiconque a observé les courans de lave lorsqu'ils dégorgent des volcans. La lave animée du degré de chaleur que requiert la fluidité, coule tranquillement, mais les scories qui flottent sur sa surface, ont sans comparaison, une bien moindre chaleur. Il m'est arrivé deux fois d'être obligé de traverser de petits ruisseaux de lave du Vésuve, et de faire quelques pas sur les scories, sans être notablement incommodé de leur chaleur, ce qu'Hamilton avait déjà remarqué avant moi. Sept ans après l'éruption, j'ai reconnu en divers lieux, encore chaude et fumante la lave du Vésuve dite *de la Vetrana*, et qui sortit du volcan en 1785 : malgré cela, dans quelques-unes de leurs parties, les scories superficielles commençaient à se revêtir de lichens. Il ne répugne donc pas d'admettre que quoique la partie centrale de notre globe fût encore incandescente, sa superficie se couvrait et se parait déjà de corps organiques. La seule conséquence qu'on pourrait en déduire, c'est que la superficie de la terre a été pendant quelque temps plus chaude qu'elle ne l'est à présent, et qu'alors elle a pu favoriser

la propagation de beaucoup d'espèces organiques auxquelles son état actuel ne saurait convenir. Cette partie de la théorie de Buffon présentée sous ce point de vue, me paroît conserver tous ses avantages, et n'avoir rien qui puisse effrayer les philosophes même les plus circonspects et les plus réservés.

§ 151. Que si l'on demande quel espace de temps a dû s'écouler avant que la partie centrale du globe ait été entièrement refroidie, et qu'elle ait eu une température correspondante à celle de la superficie, j'observerai que cet espace de temps a dû être fort considérable. Qu'il me soit parmis de revenir encore aux laves des volcans, puisqu'elles sont un des plus grands phénomènes que nous puissions observer. Dans le § précédent, j'ai dit avoir trouvé chaude et dans quelques lieux encore fumante une lave du Vésuve sept ans après sa sortie du volcan. Dolomieu dans son ouvrage sur les îles Ponces, assure que le grand courant de lave qui sortit de la base de l'Époméé dans l'île d'Ischia l'an 1301, était encore fumante dans quelques endroits lorsqu'il les visita en 1781. Postérieurement à 1791, je me suis transporté plusieurs fois dans la même île, et je n'ai jamais pu vérifier ce phénomène; mais il n'est pas probable qu'un observateur tel que Dolomieu ait pu se tromper sur un fait aussi facile à reconnoître, et l'on doit avoir égard

sans doute à l'intervalle de neuf ans qui s'étaient écoulés entre ses observations et les miennes. Si cependant on révoquait en doute ce phénomène qui paroît véritablement étrange, lorsqu'il s'agit d'un espace de temps qui embrasse quatre ou cinq siècles, et d'une masse de matière assez limitée, nous pouvons assurer comme une chose certaine que quelques laves de l'Etna ont été reconnues encore chaudes et fumantes après un intervalle de vingt-cinq à trente ans. Il semble donc très-probable que pendant fort long-temps la partie interne de notre globe a été animée d'un assez haut degré de chaleur, reste de sa chaleur primitive, qui a diminué peu à peu jusqu'à ce que cette partie interne a eu pris une température égale à celle de la superficie. J'observe, en outre, que nous ne sommes pourtant pas assurés que cet entier refroidissement se soit déjà opéré, quoique toutes les apparences semblent nous porter à croire que la masse terrestre n'a maintenant d'autre chaleur que celle qu'elle reçoit par l'action du soleil (Voy. § 77), abstraction faite des phénomènes qui dépendent des circonstances particulières. Nous prions le lecteur de ne pas perdre de vue cette partie de l'hypothèse. Toutes les raisons que nous avons exposées jusqu'à présent, nous déterminent à penser que l'état primitif du globe fut celui d'une fluidité ignée; mais il paroît néanmoins nécessaire

d'admettre l'influence de l'eau dans la détermination des états postérieurs, comme nous le dirons bientôt. Avec l'eau seule on ne saurait rendre raison des phénomènes ; il faut que cette eau soit animée par la chaleur. Mais quelle origine assignerons-nous à cette chaleur? Comment concevoir son influence et sa manière d'agir? C'est une problême qu'on peut facilement résoudre dans l'hypothèse que nous avons proposée.

CHAPITRE XXV.

De la chaleur centrale du globe.

§ 152. Ceux qui ont voulu soutenir la chaleur centrale du globe, se sont principalement fondés sur les observations de Gensanne qui assure, qu'ayant introduit un thermomètre dans les mines de Géromagny, ce thermomètre qui, à l'entrée de la mine, marquait 2 degrés, audessus du zéro, monta à 10 degrés à la profondeur de 52 toises, et resta stationnaire jusqu'à la profondeur de 106 toises, à laquelle il monta à 18 degrés et demi. Mais La-Métherie (*Théorie de la terre*, tom. 3, pag. 357) remarque avec raison, ou que le thermomètre de Gensanne n'était pas exact, ou qu'il intervint quelque erreur dans l'observation, ou enfin que ce fait était particulier aux mines de Géromagny, puisque la même observation ne s'est pas vérifiée dans d'autres souterrains. Dans les mines de sel de Wielizca en Pologne, à la profondeur de 250 toises, le thermomètre, selon Guettard, ne monte pas au-dessus de 10 degrés de Réaumur; et dans celles de Joachimstad en Bohême, Monnet a observé la même élévation thermométrique à la profondeur de 280 toises. Cependant selon les

récentes observations de M.r Trébra, la chaleur augmente dans les mines à raison d'un degré de Réaumur, pour 150 pieds d'approfondissement perpendiculaire. M.r D'Aubuisson qui s'est occupé du même objet, prétend que la température interne des mines va augmentant jusqu'à 12, 13 et 14 de Réaumur, mais jamais au-delà; que quelquefois on trouve la même température à diverses profondeurs, et que d'autres fois à une même profondeur, on observe des températures différentes. Mais toutes les observations qu'on pourra faire dans les mines donneront toujours des résultats incertains à cause des modifications qne la température peut recevoir des circonstances particulières telles que la décomposition des pyrites, la circulation de l'air, la filtration et l'écoulement des eaux dont l'évaporation produit toujours un certain degré de froid. Il suit de là, que nous ne sommes pas en état de résoudre la question si difficile de la loi que suit la chaleur dans l'intérieur de la terre. Il paroît néanmoins que sous la latitude de 40 à 50 degrés, la température du globe, au moins près de sa surface, est constante autour de 10 degrés de Réaumur.

§ 153. Si les observations thermométriques faites dans les souterrains terrestres, donnent des résultats peu satisfaisans, ceux qu'on a obtenus lorsqu'on a examiné les températures de la

mer à diverses profondeurs et à diverses latitudes, ne sont pas moins incertains. Marsigli ayant observé la température des eaux de la Méditerranée dans les mois de décembre, janvier, février, mars et avril, à la profondeur de 8, 10, 28 et 110 toises, trouva cette température constante entre 10 et 11 degrés : mais dans le mois de juin, il remarqua qu'elle n'était que de 6 à 7 degrés. Les observations de Marsigli furent confirmées par Saussure qui au mois d'octobre, dans les eaux de Nice, à la profondeur de 300 toises, trouva une température de 11 à 12 degrés. D'après les observations de Phipps et Irwing vers le pôle boréal à la latitude de 29 : 50, la température de la mer à la profondeur de 642 toises, était - 9 de Réaumur, pendant que la température externe était à peu près + 11 ; et en avançant à une profondeur de 1000 toises, la température était plus douce, c'est-à-dire, à environ zéro. Ellis ayant fait des observations dans les mers d'Afrique, conclut que la chaleur diminuait à mesure que la profondeur augmentait, mais que lorsque l'on arrivait à une certain point, par exemple à la profondeur de 6 ou 7 cents toises, la chaleur croissait, et jusqu'à mille toises se conservait autour de 9 degrés de Réaumur. Enfin dans le Mémoire de Péron sur la température de la mer, inséré dans le tom. 5.e des *Annales du Muséum d'histoire naturelle de Paris*,

Digitized by Google

on observe que la température des eaux de la mer, loin des plages, à quelque profondeur que ce soit, est toujours plus froide que celle de la superficie, et que cette froideur croît en raison de la profondeur, de manière que les profonds abîmes de la mer comme les sommets des plus hautes montagnes, sont éternellement glacés, même sous l'équateur. On n'a donc encore que des données très-incertaines sur les températures des grandes profondeurs de la mer, et les observations des voyageurs sur ce point sont très-discordantes.

§ 154. Que si nous jetons un coup d'œil sur les observations faites dans les lacs, nous trouverons une moindre disparité. Saussure et Pictet ont examiné avec beaucoup d'exactitude la température des lacs de Genève et de Neuchâtel. Dans le premier à la profondeur de 150 toises, ils trouvèrent au mois de février la température de $4\frac{1}{10}$ à $4\frac{3}{10}$, pendant que la température externe était à $2\frac{1}{4}$, celle du terrain voisin du lac à zéro, et celle de l'eau jusqu'à environ 17 toises au-dessous de la superficie, à $4\frac{5}{10}$. Dans le second lac, à la profondeur de 54 toises, le thermomètre marquait 4, à la surface du lac $18\frac{1}{3}$ et à l'air $19\frac{1}{4}$. La température des eaux du Lario et du Verbano, à la profondeur de 4 à 5 cents toises, observée plusieurs fois et en différentes saisons par Configliacchi (Voy. son *Mémoire sur*

la vessie natatoire des poissons, imprimé à Pavie en 1809), est constamment autour de 4 degrés de Réaumur, ce qui a été encore vérifié dans le Lario par Volta. Mais dans les observations faites à des profondeurs sous les eaux, on doit faire attention à la différente gravité spécifique du fluide plus ou moins froid. Ce fluide dans sa plus grande densité, a une température d'environ + 4 de Réaumur; par conséquent là où se mêlent ensemble des eaux d'une température différente, comme cela arrive surtout dans les lacs, avant que le mélange ait acquis une température moyenne et uniforme, la masse du fluide qui s'approche le plus de la température + 4, occupe la partie la plus basse (Voy. ce que La-Métherie, *Théorie de la terre*, tom. 3, pag. 356-374, a écrit sur cette question). De tout ce que nous venons de dire, il résulte qu'il n'y a point de raison qui nous porte à admettre dans les parties internes de la terre une chaleur intense permanente et capable de produire des effets sensibles.

CHAPITRE XXVI.

Hypothèse de Hutton.

§ 155. C'est sur le feu central, qu'est fondée la théorie de l'anglais Hutton, théorie dont il ne sera pas hors de propos de donner ici une idée, vu la célébrité qu'elle a acquise de nos jours, surtout d'après l'explication qu'en a donnée Playfair.

Les continens actuellement existans se détruisent par l'action de l'air, de la gravité et des eaux courantes. Les matériaux dont ils se composent, sont transportés par les eaux dans les vastes profondeurs de la mer, sur le fond de laquelle le mouvement des vagues, des marées et des courans les distribue également. Une intense chaleur interne endurcit ces matériaux comprimés par la masse des eaux, et il en résulte des substances semblables à celles dont nos continens sont composés. Lorsque les continens existans sont aussi dégradés, détruits et réduits au niveau de la mer, la même chaleur qui a endurci les couches qui reposent sur le fond de cette mer, les soulève, et force par là la masse des eaux à se répandre sur les continens détruits. Alors paroissent de nouveaux continens qui sont

à leur tour exposés à l'action de l'air, de la gravité, des eaux courantes et de la mer elle-même qui distribue sur son fond les matériaux dont ils ont été dépouillés, en attendant que la chaleur y prépare les couches d'autres nouveaux continens qui seront encore eux-mêmes soulevés à des époques convenables. Pour donner une idée plus claire de ce système, je rapporterai ici les propositions auxquelles il peut être réduit.

§ 156. 1.° Nos continens sont composés de couches formées dans la mer.

2.° Les couches de nos continens ont été produites par l'accumulation des substances d'autres continens qui ont été détruits peu à peu par l'action de l'atmosphère et des eaux. Les matériaux de ces premiers continens étaient semblables à ceux que nous trouvons sur les côtes de nos mers. Il suit de là, que dans la théorie de Hutton, on n'admet point de roches primitives; on suppose seulement des roches *primaires*, et l'on indique par ce nom, ces roches qui composent les couches les plus anciennes parmi celles qui existent maintenant, mais non pas les plus anciennes de toutes celles qui ont jamais existé.

3.° Pendant que les fragmens des continens qui se trouvent dans un état de dégradation, sont charriés et dispersés par les eaux dans le fond de la mer, les marées et les courans les distribuent et les répandent également sur ce fond.

4.° Au-dessous des eaux de la mer, existe une chaleur excessive par laquelle les matériaux détachés qui viennent successivement des rivages, sont fondus et changés en nouvelles couches pierreuses, tandis que d'autre part, ils subissent la compression de la masse des eaux.

5.° Lorsqu'un certain ordre de continens est presque détruit sur notre globe, les matériaux d'un ordre plus ancien qui on été charriés depuis long-temps dans la mer, sont consolidés et réduits en couches pierreuses, et alors la même chaleur qui les a ainsi préparés pour former de nouveaux continens, en les soulevant, leur donne réellement ce caractère.

6.° Les opérations alternatives des continens détruits et de ceux nouvellement sortis de la mer, se sont déjà répétées sur notre globe un nombre incalculable des fois, et à des intervalles qui embrassent des millions de siècles.

7.° Nos continens sont les derniers dans cette série d'opérations alternativement produites par la mer et par la terre dans une même portion du globe. Ces continens sont dans un état de dégradation; leur matériaux sont successivement disseminés d'abord sur les terres basses où ils forment des atterrissemens, et ensuite sur le fond de l'océan où ils vont par leur fusion préparer les continens futurs.

Digitized by Google

§ 157. Telle est l'hypothèse de Hutton, expliquée et soutenue par Playfair. Elle peut fournir des explications assez heureuses pour quelques phénomènes géologiques, comme seraient, par exemple, la formation des couches pierreuses, leurs renversemens, etc. Peut-être le lecteur sera-t-il bien aise de connoître les traits de ressemblance qui se font remarquer entre cette hypothèse et celle imaginée par le jésuite Boschovich en 1772. Ce savant mathématicien après avoir rapporté un certain nombre d'observations faites en divers lieux de l'Italie (Voy. ses lettres imprimées à Venise), conclud que quelques parties de la superficie terrestre sont sujettes à des mouvemens qui bien qu'inaperçus, ne laissent pas de produire des effets sensibles dans le cours de quelques années (Voy. ce qui a été dit à ce sujet dans le § 48); et il termine les réflexions qu'il fait sur cette importante question, en disant: « Je suis persuadé que cette ondulation » de la superficie procède de l'action énergique » des feux souterrains lesquels font hausser tan- » tôt plus, tantôt moins les diverses parties de » la croûte de notre globe, les plient, les » courbent, les élèvent d'un côté, les abaissent » de l'autre, de la même manière que la croûte » d'un pain qu'on met à cuire dans un four, » se relève et s'altère dans sa forme, par la vi- » ve action de la chaleur qu'elle reçoit et qui

» pénètre la masse interne. Je pense donc, continue-t-il, que si maintenant il survient de » petites altérations continues dans la croûte » terrestre, il a dû, dans d'autres temps, s'en » opérer de beaucoup plus grandes; en sorte que » d'après ce principe, il a pu même sortir des » profondeurs de la mer, d'immenses extensions » de pays qui présentent non-seulement des » collines, mais encore des montagnes et des » chaînes de montagnes; et qu'enfin cet effet » tout extraordinaire qu'il est, a pu être produit par le soulèvement de ces couches formées par les dépôts et par le mouvement des » eaux, et distribuées dans une position horizontale sur le fond de la mer avec toutes » les matières qui s'y trouvaient. » Il serait sans doute difficile de rencontrer deux hypothèses qui aient entr'elles autant d'analogie (1). Celle de Hutton a suggéré à M.r James Hall l'idée d'entreprendre une série d'expériences pour éclaircir une question tout à fait nouvelle et qui a pour

(1) Si Kirwan avait connu les écrits de Boschovich, religieux jésuite et professeur à Rome en 1772, il ne se serait peut-être pas permis d'attaquer le modeste et savant Hutton avec ces armes empoisonnées qu'il laissa pour héritage à J. A. De Luc (Voy. l'*Abrégé de géologie* de ce dernier, imprimé à Paris en 1816); et nous aimons à croire que pour l'honneur de la philosophie, De Luc aura emporté ces mêmes armes dans la tombe, afin qu'aucun philosophe honnête n'ait désormais à rougir d'en avoir fait usage.

objet les modifications que la compression produit dans la manière d'agir de la chaleur, expériences qui quoiqu'elles aient enrichi la science de nouveaux faits très-importans, et ouvert aux géologues un nouveau champ de richesses, sont cependant tombées dans l'oubli, parce que la prévention en faveur de quelques opinions auxquelles il eût fallu renoncer, a prévalu sur les lumières qu'on eût pu recueillir de ces expériences. (Voy. la *Description de ces expériences* publiées à Genève en 1807).

§ 158. Cependant quelque lumineuse que paroisse dans ses applications la théorie de Hutton, elle ne laisse pas que d'être sujette à un grand nombre de graves difficultés. La première de ces difficultés, c'est que si le couches appelées *primaires* et *secondaires*, étaient formées de matières déposées dans le sein des eaux, et provenant de la destruction d'un monde qui aurait précédé, toutes les couches devraient contenir également des traces ou des impressions des corps organiques. Pourquoi donc ne voit-on aucune de ces traces dans les gneiss et dans les schistes micacés, tandis qu'on en remarque un si grand nombre dans les roches secondaires? Vodrait-on supposer dans la formation des couches *primaires* une fusion plus complète et capable d'avoir détruit les traces des corps marins? Mais on doit alors faire attention que les apparences et les caractères

extérieurs des roches qui composent ces couches, repoussent une pareille supposition: en effet, on voit beaucoup de pierres calcaires et de marbres coquilliers dans lesquels la structure spathique est aussi parfaite que celle du calcaire primitif; et les pierres calcaires de transition, qui contiennent peu de corps marins, dans celles de leurs parties où l'on n'en voit pas du tout, ne présentent pas un caractère de fusion plus fortement prononcé que celui qu'on remarque dans le schiste secondaire où l'on trouve fréquemment les impressions des substances végétales. Puis l'existence d'une chaleur très-intense dans le fond de la mer, est contredite par toutes les observations que nous avons déjà rapportées et qui ont été faites pour déterminer la température du fond de la mer et des profondeurs de la terre, température qui est de beaucoup moindre que celle qui serait nécessaire pour fondre les matières terrestres et les convertir en couches compactes. Si dans le fond de l'océan et dans l'intérieur du globe, il y avait une chaleur d'une telle intensité qu'elle fût capable de fondre les couches très-étendues de matières presque infusibles par les moyens ordinaires, nul doute que quelque indice de cette chaleur ne se manifestât à la superficie: et si ce feu central si actif existait depuis un temps incommensurable, pourquoi ne se serait-il pas propagé à travers les substances

Digitized by Google

terrestres ? La difficulté s'accroît si l'on jette un coup d'œil sur la stratification générale des matériaux terrestres. Il n'est pas rare de trouver une couche consolidée de pierre ou calcaire ou sabloneuse superposée à une couche d'argile. Si la consolidation de la couche supérieure a été produite par des émanations calorifères, comment l'argile, quoique plus rapprochée de la cause consolidante, a-t-elle pu ne pas s'endurcir? Dans certaines parties de la masse du globe, le concours de quelques circonstances particulières pourra bien quelquefois produire une chaleur extraordinaire de laquelle résulteront des phénomènes assez surprenans ; mais ces phénomènes ne se feront remarquer que dans cette seule partie du globe qu'embrassera leur sphère d'activité. Il ne paroît pas que Kirwan en voulant réfuter la théorie de Hutton, ait fait usage d'un argument bien décisif, lorsqu'il dit qu'une chaleur capable de produire les effets que Hutton suppose, ne saurait exister dans les entrailles de la terre, puisqu'elle ne pourrait y être alimentée par la quantité nécessaire d'air pur et de matières combustibles. Kirwan confond la chaleur avec la combustion: bien que de celle-ci résulte toujours l'autre, il n'est pas moins certain que la nature peut produire la chaleur sans le concours de l'air pur et des substances combustibles. En effet, on sait bien que du frottement des corps durs, de la

décomposition de quelques substances comme les pyrites, etc., du mélange de quelques autres, dérivent des degrés de chaleur très-considérables, ainsi que nous les voyons en mêlant, par exemple, l'eau avec l'acide sulfurique; mais tout cela n'autorise pas à penser que ces productions de chaleur puissent être permanentes, générales et assez efficaces pour réaliser les effets supposés par Hutton.

§ 159. Qu'on admette toutefois, si l'on veut, cette chaleur centrale, qu'on la suppose encore capable de fondre et de consolider en couches les matières terrestres incohérentes, déposées sur le fond de la mer, restera toujours à expliquer comment les couches fondues ont pu être soulevées et renversées. La chaleur suffit pour fondre les matières, mais pour les soulever, il faut nécessairement faire intervenir l'action d'une autre cause. On sera donc forcé de recourir à un fluide expansible dont on peut concevoir la force comme indéfinie. Mais comment ce fluide peut-il se développer sous la masse des couches fondues? S'il préexistait, ou si ses élémens se trouvaient réunis au-dessous du fond de la mer, son expansibilité n'a jamais pu rester dans un état de suspension; et comme la chaleur centrale, suivant Hutton, a toujours existé dans le globe, l'élasticité de cette vapeur n'aurait-elle pas dû empêcher la formation des couches? Les matières transportées

par les eaux, n'auraient jamais pu se rassembler sur un fond duquel se serait continuellement dégagé un fluide élastique d'une énergie telle que Hutton croit devoir l'admettre. Alors il faudrait dire que cette vapeur ne se développe de dessous le fond de la mer, qu'après que les couches terrestres ont été formées et fondues. On conçoit que cet état de choses n'est pas impossible là où règne un degré de chaleur très-intense qui peut toujours donner lieu à de nouvelles combinaisons, à des productions de fluides élastiques, et par conséquent à des explosions; mais il serait bien difficile d'expliquer comment l'apparition de ces phénomènes pourrait être régulière, et pourquoi elle n'aurait lieu qu'après que les matières transportées au fond de la mer, ont été egalement distribuées par les eaux et disposées en couches; car il est certain que par l'effet des explosions qui succéderaient d'abord, tout serait bouleversé et confondu, en sorte qu'on ne pourrait reconnoître dans les couches aucune sorte de régularité.

§ 160. De Luc voulant réfuter cette partie de la théorie de Hutton, dit qu'un fluide expansible qui souleverait une masse de couches comme celle de nos continens, effet qu'il ne pourrait produire sans être doué d' une extrême intensité, aussitôt qu'il aurait rompu cette masse, s'échapperait en très-grande partie par les ouvertures

qui se seraient formées; et qu'alors la même masse n'étant plus soutenue, retomberait en morceaux, ce qui serait une conséquence indispensable du soulèvement même initial des continens. Cet argument de De Luc contre le système de Hutton, ne nous semble rien moins que *péremptoire* ainsi qu'il a bien voulu l'appeler; et l'on dirait que cet auteur n'a pas su distinguer les combinaisons qui peuvent s'ensuivre. Un fluide élastique qui s'ouvre un passage à travers des couches déjà consolidées, doit certainement les rompre et les mettre en pièces; mais cela n'arrivera point s'il s'agit de corps qui soient dans un état de fluidité ou de mollesse par l'effet de la fusion. Alors deux cas peuvent avoir lieu: le premier est lorsque la force expansive de la vapeur ne peut parvenir à rompre la superficie du corps; dans cette circonstance, il en soulevera quelques parties sous lesquelles il se formera des vides et des cavernes, et si les parties soulevées viennent à se réfroidir, elles conserveront en se consolidant, la position que leur aura donnée l'impulsion du fluide élastique. Le second cas arrivera, lorsque l'expansion de la vapeur et son extrême dilatation soulevant de plus en plus la superficie, parviendront enfin à la rompre; alors la vapeur s'échappera par les ouvertures que son action aura produites, et les parties soulevées pourront sans ruptures

ultérieures, rester quelque temps dans la situation où elles auront été mises par la force de la vapeur, et s'y consolider en passant à un parfait refroidissement. Quiconque a examiné des courans de lave, a pu remarquer de pareilles combinaisons produites par le développement des gaz qui sont si copieux dans ces masses fondues. Quelques parties soulevées par l'élasticité et la dilatation de ces gaz, forment des convexités closes et élevées au-dessus du plan général de la lave; d'autres également soulevées pendant qu'elles étaient encore molles, se sont ouvertes, ont donné par là issue aux vapeurs, et en se consolidant par le refroidissement, ont pris diverses positions aussi bizarres qu'irrégulières : enfin quelques-unes, comme le dit De Luc, se sont rompues et ont été mises en morceaux.

CHAPITRE XXVII.

Réflexions sur l'hypothèse proposée dans les chapitres précédens.

§ 161. Dans l'hypothèse de la fluidité ignée primitive de notre planète, qui est l'objet des chapitres précédens, nous ne devons pas perdre de vue les effets produits,

1.° Par la séparation du calorique qui s'est combiné avec quelques bases solides, et a produit les gaz ainsi que les vapeurs aqueuses;

2.° Par la compression qu'ont exercée les premières couches les plus voisines de la superficie, en se consolidant, et par la réaction de la masse interne encore molle;

3.° Par le resserrement de la matière, effet du refroidissement;

4.° Par le développement des gaz et des vapeurs dans l'intérieur de la masse; et si nous voulons fixer particulièrement notre attention sur ces gaz et ces vapeurs, comme sur une cause plus active et plus énergique, nous verrons qu'en raison de leur quantité, de leur intensité et de leur élasticité, les couches terrestres ont dû être soulevées et changer de position; que la superficie a dû être rompue et déchirée dans quelques-uns

de ses points, et que dans le renversement des couches qui étaient d'abord contigues, il a dû s'opérer des séparations plus ou moins considérables. Les vides qui se sont formés de cette manière, auront pu être remplis par des substances qui s'y seront introduites, et qui unies et consolidées par le temps, auront acquis de la consistance et de la dureté, auront même rempli parfaitement l'espace vide, en s'ajustant à l'irrégularité des parois, en sorte qu'après un long espace de temps, elles paroîtront contemporaines des couches elles-mêmes, et être le produit d'une formation simultanée. Cependant le plus souvent on y reconnoîtra la substance et sa formation différente, soit sous le rapport du temps, soit sous celui de la qualité de la matière.

§ 162. D'après les principes que nous venons d'exposer, il semble qu'on peut rendre raison des grands phénomènes relatifs à l'état primitif de notre globe, phénomènes indépendans des modifications produites par d'autres causes qui ont agi à des époques postérieures. Dans le système neptunien qui attribue la formation du globe à des précipitations et à des cristallisations qui se sont tranquillement succédées dans un fluide, tout a été d'abord régulier et uniforme; pour expliquer les bouleversemens de la superficie qui ont été cependant en si grand nombre et si considérables, on est obligé de multiplier les

révolutions, les écroulemens, les tremblemens de terre, les volcans, etc., et de donner à ces phénomènes une extension et une sphère d'activité dont il est bien difficile de pouvoir se former une idée : mais quelle force dans la nature et quelle révolution, pour si grandes qu'on les conçoive, auront pu produire à la superficie consolidée du globe cette profonde et immense déchirure qui sert de lit à l'océan ; élever les grandes chaînes des montagnes primitives, et creuser ces spacieuses vallées qui les coupent dans différentes directions ? Dans le système des précipitations et des cristallisations aqueuses, on ne sait trop comment rendre raison de ces grands phénomènes géologiques qui ont originairement altéré la superficie de notre globe, et semblent contemporains de sa formation : au contraire rien de si facile à concevoir et à expliquer dans l'hypothèse de la fluidité ignée, et lorsqu'on admet le concours des circonstances dans lesquelles a dû se trouver la superficie terrestre pendant sa consolidation.

§ 163. Dans cette hypothèse, on a encore l'avantage d'éviter une difficulté qui paroît inséparable du système des précipitations, savoir, celle qu'on déduit des effets de la force centrifuge (Voy. § 54). A mesure que le calorique se consumait dans la production des gaz, la fluidité du globe diminuait, et sa masse se

consolidait graduellement; mais pendant qu'il était encore dans un état de fluidité ou du moins de mollesse, la matière prit cette figure sphéroïdale élevée vers l'équateur et aplatie vers les pôles qu'elle a toujours conservée depuis : mais elle ne fut pourtant pas distribuée et arrangée selon que le requérait la gravité spécifique de ses parties, combinée avec le mouvement de rotation. Le cercle de l'équateur terrestre est de 20,623,500 toises, et la durée du mouvement de rotation de la terre sur son axe, de 23^h^ 56′ 4″, ou 86,164^s^ ; d'où il suit que l'espace que chaque point de l'équateur parcourt dans une seconde, est d'environ 240 toises (Voy. § 54) ; de ce mouvement résultait une force centrifuge par suite de laquelle les substances auraient dû se ranger, savoir, les plus légères autour du centre, et les plus pesantes vers la superficie : mais les courans des fluides élastiques et des vapeurs qui se dégageaient de l'intérieur de la masse, et qui étaient poussés vers la superficie par leur propre élasticité, et par d'autres courans inférieurs aussi élastiques, qui se développaient successivement, produisirent un effet contraire, en transportant avec eux les corps qui offraient le moins de résistance, ou pour parler plus exactement, ceux qui avaient une moindre gravité spécifique. Là donc étaient deux forces qui agissaient en sens contraire : nous n'avons point de données

pour calculer l'influence respective de ces deux forces ; mais nous voyons du moins qu'il est très-probable que la seconde prévalut sur la première. Le demi-diamètre de la terre et la vélocité avec laquelle elle tourne autour de son axe, sont des quantités constantes et calculées : par conséquent la force avec laquelle les matières les plus pesantes étaient poussées vers la superficie est limitée ; il n'en est pas de même de la force contraire qui résultait de la violence et de la rapidité des fluides élastiques et des vapeurs, et à laquelle il serait impossible d'assigner aucune limite.

§ 164. Pour nous former une idée de cette force, considérons les effets surprenans que produit la poudre enflammée, et qu'on attribue du moins en grande partie au fluide élastique qui se développe abondamment dans l'acte de l'inflammation, et qui recevant une température très-élevée, prend son essor avec une extrême violence. Robins d'après ses calculs, regarde la force élastique du fluide produit dans la combustion de la poudre, comme une force mille fois plus considérable que la pression moyenne de l'atmosphère. D'Antoni la juge égale à 1800 fois la même pression atmosphérique. Daniel Bernoulli porte cette force à 10,000 atmosphères, et Lombard à 9215. Le comte de Rumford qui s'est occupé de cette recherche, d'après une série de

belles expériences rapportées dans le 10.e vol. de la *Bibl. britannique*, conclud que la force de la poudre dans le moment de son explosion, surpasse au moins cinquante mille fois la pression moyenne de l'atmosphère; d'où il déduit la conséquence que cette force de la poudre ne peut point procéder de la seule élasticité des gaz produits dans l'inflammation, mais qu'on doit l'attribuer en grande partie à l'eau, qui, sous la forme de vapeur, est produite dans le moment de la combustion et dans une température très-élevée: on sait en effet que les ingrédiens de la poudre contiennent les élémens de l'eau. Que penser donc si à l'effort des gaz, on joint celui de l'eau, laquelle, comme nous l'avons dit dans les §.^es 95 et 96, était produite sous la forme de vapeur, dans la masse terrestre où régnait une température très-élevée?

§ 165. Bettancourt a démontré que l'élasticité de la vapeur aqueuse, quand elle est arrivée à un certain point, acquiert une double intensité par tout accroissement de température correspondant à 13 degrés $\frac{1}{3}$ de Réaumur (Voy. Rumford *sur la force de la poudre*). Or la force expansive de l'eau réduite en vapeur, est exactement égale à la pression moyenne de l'atmosphère, lorsque la température de ce fluide est au point d'ébullition sous cette même pression; et comme cette force est doublée par chaque addition de

température égale à 13 $\frac{1}{3}$ de Réaumur, il s'ensuit quelle égalera, savoir, à 93 $\frac{1}{3}$ de Réaumur la pression de 2 atmosphères, à 106 $\frac{1}{3}$ la pression de 4 atmosphères, et ainsi de suite. A la température de 253 $\frac{1}{3}$ de Réaumur, la force expansive du fluide égalera la pression de 8192 atmosphères. Cette progression croît si rapidement qu'avec quatre termes de plus ou bien à la température de 307 de Réaumur, l'expression de la force expansive du fluide développé, est de 131,072 atmosphères. Qu'on observe cependant que cette température est beaucoup inférieure à celle du fer visiblement rouge à la lumière du jour, laquelle on évalue à 465 de Réaumur; et si cette même progression arrivait jusqu'à la température dont nous venons de parler, la force élastique de la vapeur serait représentée par une colonne de mercure égale à 44 millions d'atmosphères. Dalton et Volta ayant répété les expériences de Bettancourt, ont trouvé que les accroissemens de l'élasticité de la vapeur et de la pression qu'elle exerce, suivent une progression croissante, mais dont l'exposant va un peu en diminuant. Volta ayant continué ses expériences jusqu'à une pression égale à 4 atmosphères, dut élever la température à 110 de Réaumur, de manière cependant que pour 2 atmosphères, il fallait environ 14 degrés au-dessus des 80, et

qu'autres 16 degrés de Réaumur étaient nécessaires pour arriver aux 4 atmosphères.

On peut juger par là de l'immense force explosive que devaient avoir les vapeurs aqueuses produites dans le globe, comprimées par une grande partie de la masse terrestre, et animées par le calorique qui ne s'était pas encore entièrement séparé de notre planète. Il ne doit donc pas paroître bien étrange que les explosions des fluides élastiques et des vapeurs aqueuses aient prévalu sur la force centrifuge, et qu'en transportant vers la superficie les substances les plus légères, elles aient obligé les plus pesantes à se rassembler vers le centre.

FIN DU IIe LIVRE.

Digitized by Google

LIVRE III.

DES SUBSTANCES PIERREUSES QUI SE SONT CONSOLIDÉES INDÉPENDAMMENT DU CONCOURS DE L'EAU.

CHAPITRE XXVIII.

Doctrine des formations.

§ 166. Après avoir exposé l'hypothèse qui nous paroît sujette à de moindres difficultés, et la plus propre à expliquer la figure et la consolidation de notre globe, il convient d'en faire l'application à ces substances pierreuses qui composent la croûte extérieure de la masse terrestre, et qui sont les seuls objets soumis à notre examen. On a donné le nom de *roches* à ces substances pierreuses toutes les fois qu'elles existent en grandes masses à la superficie de la terre, et qu'elles forment en tout ou en partie des plaines ou des montagnes. Les géologues modernes ont encore étendu cette dénomination aux substances salines, combustibles et métalliques qu'ils rangent par conséquent dans la classe des roches, c'est-à-dire, des granits, des porphyres, des basaltes,

etc. ; mais dans tout langage scientifique, on doit, ce semble, avoir en vue deux choses très-essentielles; la premièrè, c'est d'exclure tout terme qui peut faire naître des idées fausses ou indéterminées ; la seconde, c'est de s'écarter le moins que possible, de la commune manière de parler. Il nous paroît d'après cela que le nom de *roche* est le plus propre qu'on puisse donner aux substances pierreuses, et que c'est à ces substances qu'on doit le circonscrire, vu que les caractères soit physiques, soit chimiques qu'elles présentent, sont trop différens de ceux des autres substances, pour que les unes et les autres puissent être comprises sous une même dénomination. Ainsi lorsque nous voudrons indiquer des masses d'une grande étendue qui forment des montagnes ou des plaines à la superficie de la terre, et qui sont composées de substances ou salines ou combustibles ou métalliques, nous nous servirons de préférence du terme *dépôt* déjà introduit dans la géologie.

§ 167. Les roches que nous apercevons à la superficie de la terre, bien qu'elles aient leur gisement dans la même contrée, ne sont pas toutes de la même nature; toutes n'ont pas été produites à la même époque, puisqu'il est évident que celles qui sont placées au-dessous d'autres roches de nature différente, doivent avoir une origine plus ancienne. La nature d'une roche, son association plus ou

moins fréquente avec d'autres, et son gisement ou constant ou variable, relativement à celles avec lesquelles elle est ordinairement associée, sont les principaux objets qu'on doit examiner dans l'étude de la structure de la terre. C'est par le mot de *formation*, pris dans le sens ordinaire et commun, qu'on a coutume d'indiquer la manière dont on croit ou dont on suppose qu'une roche a été produite ; mais l'idée qu'on attache maintenant à ce mot, répond-elle à ce qu'il signifie réellement ? Dans les sciences, on introduit souvent des termes qui sont adoptés avec beaucoup d'avidité, parce qu'ils épargnent la fatigue d'entrer dans des détails qui quoique penibles, sont du moins très-instructifs, et je dirai même nécessaires à la clarté des idées. Si ces termes sont ou introduits ou adoptés par des professeurs qui aient un nombreux auditoire de jeunes gens toujours prompts à recevoir de nouvelles impressions, une fois mis en circulation ainsi que les monnoies, ils se propagent sans que personne se donne la peine de les soumettre à l'examen de la raison ou d'en déterminer la véritable valeur. Jadis les physiciens se contentaient de *qualités occultes*, et les naturalistes de *formes plastiques, de jeux, d'écarts de la nature ;* les chimistes expliquaient tous les phénomènes par le moyen du *phlogistique ;* la minéralogie était pleine de *schorls ;* et maintenant

en géologie, on ne parle plus que de *formations*. Quelques auteurs ont tellement multiplié l'usage de ce terme, que pour expliquer tout phénomène géologique qu'ils remarquent dans une contrée, ils imaginent aussitôt une formation particulière. C'est pour cela, que nous avons les *formations générales*, *locales*, *circonscrites*, *indépendantes*, *subordonnées*. Le mot même de formation quelquefois se rapporte au temps, et nous avons les *formations primitives*, *de transition*, *secondaires*, *tertiaires*, etc.; quelquefois à la nature de la roche, d'où naissent les *formations schisteuses*, *calcaires*, et celle qui est le labyrinthe de la géologie, et qu'on a appelée *trappéenne*.

§ 168. Le savant géologue Borkowski (Voy. *Journal de physique*, tom. 69.[e]) à voulu définir le terme de *formation*, en disant que par-là, on doit entendre « le type qui est propre à une » certaine époque»; et il ajoute « que les différens » rapports constans qui forment ce type, se » remarquent dans les périodes les plus longues » comme dans les époques les plus courtes : » mais ces rapports se nuancent selon qu'on » observe les extrémités ou le centre de la pé» riode. Pour que deux roches puissent être » appelées de la même formation, il faut et que » les rapports qui caractèrisent le type de cette » formation, et que l'époque à laquelle ces

» roches étaient formées, soient les mêmes. On » reconnoîtra le type par la nature de la com- » position de chaque roche; l'époque par les » rapports de superposition, de composition en » grand, etc., d'une roche avec les autres. » Mais lorsque nous voudrons déterminer ou la nature de la composition d'une roche, ou son gisement, c'est-à-dire, le rapport de superposition, il est à craindre qu'il ne nous soit assez difficile de pouvoir fixer nos idées sur des observations générales et constantes; et comme nous nous trouverons dans le même embarras, lorsqu'il s'agira de déterminer l'extrémité de toute période, nous serons ainsi bien souvent exposés à prendre pour type d'une formation, ce qui ne sera qu'une modification de rapports. La définition du mot *formation*, donnée par d'autres géologues, est plus courte et peut-être plus claire: par ce mot, on désigne l'ensemble des couches ou portions de terrains ou gîtes quelconques des substances minérales, qui paroissent avoir été formées à la même époque et ensemble, et qui partout où l'on les retrouve, se présentent avec les mêmes caractères généraux de composition et de gisement.

§ 169. Je suis bien loin de vouloir condamner l'usage du mot *formation* généralement répandu, et qui est fort propre pour indiquer la production des roches et de leurs différens groupes: ce que je condamne, c'est l'idée systématique cachée

dans ce mot. Car si j'ai bien saisi la pensée des géologues modernes, les diverses formations ne sont autre chose que les diverses précipitations ou chimiques ou mécaniques qui se sont opérées à différentes époques. La masse des montagnes primitives, disent deux célèbres géologues, Hofmann et Eslinger, est une réunion de précipités, qui, provenant de dissolutions entièrement chimiques, ont en s'accumulant, formé la masse des montagnes primitives. Dans les premiers temps de la formation de la croûte de notre globe, disait Werner lui-même à La-Métherie, et lorsque tout était encore couvert de la grande masse de l'eau de dissolution, les précipitations qui eurent lieu, s'opérèrent tranquillement; les précipités furent chimiques et cristallisés; de là cet aspect cristallin des granits et des gneiss qui sont les premiers produits de la dissolution, et qui composent les montagnes et les régions qu'on appelle primitives.

§ 170. Ainsi lorsqu'on voudra se faire une idée de la formation d'une montagne primitive, on devra se représenter dans le lieu où cette montagne est située, un fluide tenant en dissolution un grand nombre de substances solides; et par conséquent si la montagne est formée d'une seule espèce de roche primitive, comme, par exemple, de granit, il faudra concevoir une grande précipitation simultanée ou plusieurs

précipitations successives, mais toujours des mêmes substances. Que si la montagne est composée de diverses roches primitives, ce sera le cas de supposer des précipitations distinctes, non-seulement par rapport à leurs époques, mais encore relativement à la nature des substances qui en ont été le sujet. Maintenant considérons une montagne primitive, comme, par exemple, celle du Simplon. Tous les géologues qui ont traversé cette montagne, ont reconnu la justesse des observations faites par Saussure et par Ébel, sur la différence notable qui existe entre les roches du côté septentrional et celles du côté méridional. Du côté septentrional, qui regarde le Valais, on trouve à la base de la montagne, le calcaire primitif micacé, coupé de veines de quartz, et qui alterne avec des bancs de gneiss. Plus haut, on voit le gypse primitif qui alterne avec les schistes micacés; et vers la sommité du passage, on remarque le gneiss. Ces roches sont disposées en couches verticales. Dans le revers méridional qui fait face à l'Italie, les granits commencent à la base de la montagne, et continuent jusqu'à une hauteur assez considérable. Viennent ensuite quelques couches de roche calcaire blanche qui sont suivies de couches de gneiss et de granit veiné, lesquelles alternent avec la roche calcaire blanche et avec les schistes micacés grénatifères. L'inclinaison des

couches de ces roches est tout au plus de 30 à 40 degrés. Nous ne parlons pas de la diverse position des couches, vu qu'on pourrait rendre raison de cette différence en imaginant comme de coutume, un bouleversement qui ait soulevé les couches septentrionales beaucoup plus que les méridionales ; mais il nous paroît bien difficile de concevoir comment dans un même fluide et à la même époque, purent s'opérer des précipitations chimiques qui produisirent dans un site, des granits, et dans un autre, des roches calcaires micacées ; dans un lieu, des couches solides de sulfate de chaux, et dans un autre, des gneiss et des carbonates calcaires. Lorsque dans une solution chimique, il se fait une précipitation, ou par un changement de température, ou par une diminution du fluide, ou bien par l'action de quelque affinité élective, ou enfin par quelque cause que ce soit, les diverses substances se confondent et s'unissent en une précipitation générale et commune, et s'il intervient entr'elles quelque séparation, cela peut dépendre des divers degrés de solubilité. Il faudrait donc supposer que la formation de la montagne du Simplon appartient à diverses époques; que les parties septentrionales furent le produit de quelques précipités; que d'autres précipités différens furent l'origine des parties méridionales ; et qu'il

put arriver que les matières les plus solubles se précipitèrent ou avant celles qui étaient moins solubles, ou en même temps que celles-ci. En effet, quelle différence entre la solubilité de la potasse et la solubilité de la terre siliceuse? Et cependant il faudrait admettre que dans la précipitation des granits, une grande quantité de potasse se sépara du fluide aqueux, et resta combinée dans les feld-spaths. Tout cela quoique possible, semble trop mystérieux pour être probable.

§ 171. Un fait géologique, put-être le seul qui jusqu'à présent, n'ait été démenti par aucune observation, est qu'on n'a pu trouver de trace de corps organiques dans les roches primitives, dans les vrais granits, dans les gneiss, dans les mica-schistes, porphyres, etc. Je regarde cela comme un caractère bien tranchant pour ces sortes de roches, comme un caractère qui doit donner lieu à beaucoup de réflexions, et qui montre que la nature a suivi un plan d'opérations tout à fait particulier, et quelle a employé des moyens bien différens de ceux qui ont donné naissance aux autres substances pierreuses. Il suit de ce que je viens de dire, que les roches de notre globe peuvent être réduites à deux grandes classes : la première de ces deux classes embrassera les substances qui sont contemporaines de la consolidation de

la superficie terrestre, et dont la production a eu lieu, d'après notre hypothèse, sans le concours de l'eau, et avant la production de tout être organique. Dans cette classe figureront les granits et leurs diverses espèces comme les protogènes (1), les pegmatites, les siénites, etc., les gneiss, les porphyres, les trapps dits primitifs, les schistes luisans, etc. La seconde classe comprendra ces roches qui ont été formées par le concours de l'eau, c'est-à-dire, dans le sein de la mer, mais de la mer primitive qui par sa constitution et par sa nature était très-différente de la mer actuelle; telles sont les roches intermédiaires dites de *transition*, et les stratiformes. La production de ces roches a été postérieure au développement de l'organisation. A cette seconde classe, pourront servir d'appendice les roches d'alluvion et celles qui se sont formées dans les terrains d'eau douce. Les roches volcaniques bien plus multipliées et plus étendues qu'on ne pense, formeront un groupe distinct et séparé. A ces quatre espèces, on peut, à ce qu'il nous paroît, réduire toutes les substances pierreuses qui

(1) Le célèbre Jurine a donné le nom de *protogène* au granit composé de quartz, de feld-spath et de stéatite ou talc-chlorite, qui remplace entièrement ou presque entièrement le mica. Le *pegmatite* est le granit dit *grafique*, composé de quartz et de feld-spath laminaire.

forment la superficie de notre planète: dans ses parties externes et visibles, prédominent les roches de la seconde classe qui ont pour base et pour appui celles de la première, lesquelles en plusieurs lieux et spécialement dans les grandes chaînes de montagnes, se montrent à découvert : celles-ci doivent leur origine à la seule action du feu ; les autres sont le produit du concours du feu et de l'eau (Voy. § 151).

CHAPITRE XXIX.

Les roches primitives qui composent les diverses parties de la superficie terrestre appartiennent au même système de formation.

§ 172. C'est une observation générale faite par tous les géologues que les diverses roches de formation primitive passent de l'une à l'autre, et que souvent elles contiennent des rognons et des noyaux d'une autre espèce de pierres primitives, lesquels n'étant point enveloppés, appartiennent évidemment à une formation contemporaine. Dans quelques lieux de l'Écosse, le granit est tellement uni et mêlé au schiste et aux roches feuilletées primitives, que Hutton le regardait comme une matière qui y avait été injectée. Playfair dans son *Explication de la théorie de Hutton*, § 125, nous apprend que dans les îles occidentales de l'Écosse et particulièrement dans celles de Coll, des veines de granit traversent les lits du gneiss et de l'amphibole schisteux, qui composent le corps principal de l'île. Dans ces veines, prédomine le feld-spath bien cristallisé et d'une belle couleur de chair. Le granit de Port-Soie a encore la forme d'une veine qui traverse un schiste micacé très-dur.

Digitized by Google

Dans le § 132, le même auteur nous assure que dans l'île d'Arau, on voit beaucoup de veines de granit qui se sont introduites dans le schiste, et il rapporte plusieurs autres phénomènes de ce genre qu'on peut observer dans l'Écosse. Jameson dans ses *Observations et conjectures géologiques* (Voy. *Bibl. brit.*, juillet 1815) dit que dans les régions de nature primitive, on observe le passage non interrompu du granit jusqu'à l'ardoise argileuse, et il ajoute que les couches des roches comme celles du granit et du gneiss, sont tellement liées aux couches circonvoisines, qu'elles fournissent un argument invincible en faveur du système de la formation simultanée des couches considérées en général: d'où il suit que ces sortes de couches sont quelquefois d'un volume très-considérable; qu'elles s'étendent en tous sens dans la masse qui les renferme; et qu'elles sont tellement mêlées dans leur union, qu'il est très-difficile de dire où chacune d'elles commence et finit. On voit évidemment que le granit de la partie inférieure de la couche est d'une formation contemporaine de celle du gneiss qui le recouvre immédiatement, et que le granit de la grande portion de la couche a été formé dans le même temps que le gneiss qui le circonscrit. Le même auteur dans un Mémoire sur les roches conglomérées, observe que le gneiss, le schiste micacé et le granit

présentent quelquefois l'apparence d'une agrégation ; que parmi les parties qui semblent agglutinées, il n'y a point de véritables fragmens d'autres roches ; que les parties sont intimement liées avec la base autour de la superficie du contact ; et que leur passage à cette pâte est gradué d'une manière imperceptible.

§ 173. Près de Presbourg, le granit alterne avec le gneiss. Dans la Saxe et dans le Hartz, le granit compacte se change par degrés insensibles en granit feuilleté ou gneiss. Dans la vallée de Gersebach en Saxe, le porphyre tantôt passe à cette espèce de granit composé de feld-spath et d'amphibole qui a été appelé siénite, et tantôt il alterne avec le gneiss. Nous aurons occasion de citer d'autres exemples de porphyre de formation simultanée avec celle du granit. Dans l'*Essai géognostique sur l'Erzgebirge* de Bonnard, il y a beaucoup d'exemples de passages du granit aux autres roches primitives ; je choisirai celui qu'on observe dans les mines d'étain de Geyer, où une masse fort considérable de granit est encaissée dans le gneiss. « Dans ce granit, le » mica est en général fort peu abondant, et » quelquefois il est changé en talc; souvent aussi » la proportion du quartz diminue beaucoup, et » les grains de feld-spath deviennent très-fins. » Le granit passe ainsi au protogène, au pegma- » tite et à l'eurite (roche dont on donnera

» bientôt une idée). Dans ce dernier cas, la » roche semble souvent au premier aspect, con- » tenir des fragmens de gneiss, dont quelques- » uns se détachent d'une manière fort tranchée » dans la masse, et il semble impossible qu'ils » y aient été amenés postérieurement à leur for- » mation. L'examen attentif de la roche porte » à croire que le tout a été formé en même » temps, et que ces prétendus fragmens de gneiss » ne sont autre chose que des parties dans » lesquelles lors de la cristallisation générale, » s'est rassemblé en grande abondance, le mica » dont le reste de la roche est presque dépourvu. »

§ 174. Ce qui a été écrit sur ce sujet par un géologue aussi distingué que Saussure, mérite sans doute une attention particulière. Dans le § 661, après avoir décrit quelques granits encaissés dans des roches feuilletées, il remarque que cet encaissement lui semble démontrer jusqu'a l'évidence, que le granit a été formé exactement de la même manière que les roches feuilletées; car comment supposer que ces bancs ou ces profondes couches de granit, renfermés entre les couches d'une autre pierre, et conservant toujours la même hauteur, la même situation et la même direction, pussent avoir une origine différente? Dans le §. 1632, où il est question d'un grand bloc de gneiss qu'il avait observé dans le granit de Vienne en France, il demande si cette masse s'est

formée hors du granit, et si elle a été postérieurement transportée et renfermée dans le même granit, ou bien si elle a été produite simultanément, et si par quelque circonstance particulière, elle a pris une forme stratifiée qui ne se manifeste point dans les autres parties de la roche? Ce n'est pas sans raison que Saussure se fondant sur la continuité qu'on remarque entre les lames du granit feuilleté et le granit à gros grains, embrasse la seconde opinion. Enfin dans le § 1679, ce savant naturaliste démontre le passage des roches feuilletées à l'état du granit.

§ 175. Les observations de Saussure concordent avec celles que Dolomieu a insérées dans son *Mémoire sur les roches composées*, où il remarque qu'on voit souvent les trapps se changer en roches graniteuses dans le prolongement des bancs qui en sont formés, et c'est à cause de cela, que dans ces pierres d'un grain fin et uniforme, on trouve fréquemment des portions granitiques qu'on croirait étrangères à la masse qui les renferme, si l'on ne voyait pas qu'elles font corps avec la pâte dont elles semblent différer, et si l'on ne distinguait pas les modifications graduées du passage d'un genre de texture à l'autre.

§ 176. Ramond a observé que dans la région graniteuse des Pyrénées, les granits alternent avec quelques roches et spécialement avec les porphyroïdes plus ou moins chargées de fer,

Digitized by Google

quelquefois parsemées de pyrites microscopiques, et dont le fond n'est qu'un granit masqué par l'extrême finesse du grain; que dans quelques lieux, sont interposés le calcaire primitif et des roches de tout genre, qui, prenant alternativement la position supérieure, se fondent, pour ainsi dire, dans le genre qu'ils remplacent, avec des modifications ou des passages insensibles; et effaçant toute limite, attestent la contemporanéité de ces diverses matières, et la continuité du travail de la nature. Les observations de Ramond ont été depuis confirmées par Charpentier (Voy. *Journal des mines*, février 1813) qui a démontré que dans la chaîne des Pyrénées, le gneiss, le schiste micacé et le calcaire sont intercalés dans le granit.

§ 177. Ce qui avait été observé dans les Pyrénées, a été vérifié dans les Alpes. Ébel parlant de la vallée de Chamouny, décrit les granits de l'Aiguille dite *Blaittière*, composés de feld-spath rougeâtre, de quartz demi-transparent et de mica d'une couleur grise-noirâtre. Dans quelques lieux, on observe des couches de ce granit encaissées dans le gneiss. Les roches qui renferment à l'ouest le petit lac de l'Aiguille dite du *Plan*, forment des couches de gneiss parmi lesquelles on observe un banc de talc jaune mêlé de rognons de quartz, et un peu plus haut que le lac, on voit en plus grande quantité des couches de granit

encaissées dans le gneiss, lesquelles se transforment elles-mêmes en gneiss. A la base de l'Aiguille du *midi*, on trouve une couche de véritable granit mêlé avec une roche pesante de couleur gris-de-fer (c'est probablement une roche amphibolique). Dans la montagne de Crévola à la base méridionale du Simplon, il y a un gros filon de calcaire primitif encaissé dans le gneiss; ce beau marbre d'un grain très-fin, saccaroïde, devient phosphorique par le frottement, et ressemble à la dolomie : et l'on doit observer que le gneiss quand il se trouve au voisinage du marbre, dégénère en schiste micacé quartzeux. Lorsque j'ai été visiter ce lieu, j'ai recueilli deux morceaux de ce marbre tirés de l'extrémité du filon, et dans lesquels on voit adhérer le schiste, en sorte qu'il semble que le marbre calcaire dégénère en schiste micacé et que ces deux substances sont fondues ensemble.

§ 178. Pallas, tom. 1, pag. 562 de ses *Voyages dans les provinces méridionales de l'empire de Russie*, parle de couches de granit compacte qui alternent avec celles de granit feuilleté; et Patrin nous assure non-seulement avoir observé dans la Sibérie, le granit mêlé avec les roches feuilletées, mais l'avoir vu très-souvent former de grosses couches enclavées dans des montagnes de trapp, et réciproquement des bancs de cette pierre qui alternent avec ceux du granit, ainsi

que le passage de celui-ci au porphyre. Dans le tom. 10 des *Nouveaux actes de l'Académie des sciences de Pétersbourg*, on a inséré un Mémoire d'Hermann, dans lequel on démontre qu'en traversant la chaîne de l'Ural de l'est à l'ouest dans toute sa largeur qui est de 165 werstes (1), on ne remarque aucun ordre régulier dans la position des roches primitives, et que plusieurs espèces de ces roches se touchent immédiatement et semblent adossées les unes aux autres.

§ 179. Hausmann (Voy. *Annales de Moll*, tom. 1) en parlant de la Norvège et de la Suède, dit que les principaux membres de la formation primitive de ces pays, sont le granit, le gneiss et le schiste micacé, qui sont mêlés ensemble sans aucun ordre, tantôt en forme de bancs, tantôt composant de grosses masses qui s'étendent à quelques milles; et que cependant on y voit prédominer le granit ordinairement à gros grains, et le gneiss d'une texture fibreuse ondulée. On observe souvent le passage de l'une de ces roches à l'autre, et alors la partie qui les unit, est d'une telle constitution, qu'on est dans le doute s'il faut la rapporter au gneiss ou au granit. De Buck dans son *Voyage de Norvège et de Laponie*, cap. 1, remarque que le granit d'Hogdal est entièrement environné du gneiss,

(1) La werste de Russie correspond à environ 563 toises.

ce qui fait présumer qu'il n'appartient pas à une formation particulière, mais qu'il n'est qu'une variété du gneiss.

§ 180. Melograni dans son *Manuel géologique*, rapporte que dans quelques sites de la Calabre ultérieure, le granit est coupé par des bancs considérables de gneiss qui ont l'aspect du schiste chlorite, mais dans lesquels prédomine le mica verdâtre, qui communique sa couleur verte au quartz; et qu'en général la majeure partie des granits de cette province contiennent du gneiss, du quartz et du feld-spath qui se présentent tantôt sous la forme de couches, tantôt sous celle de filons ou de flèches.

§ 181. Pour le nouveau continent, je ne connois d'autres observations que celles de Humboldt et de Maclure. Le premier dans son *Tableau des régions équatoriales*, dit que le gneiss ou granit feuilleté y alterne avec le véritable granit; et dans la *Relation historique de son voyage*, tom. 1, pag. 563, en parlant du gneiss de la vallée de Caraccas, il s'exprime ainsi: « Ce gneiss est » caractérisé par les grenats verts et rouges qu'il » enchâsse, et qui disparoissent là où la roche » passe au schiste micacé. Le même phénomène » a été observé par M.r De Buch en Suède dans » l'Helsingland; tandis que dans l'Europe tem- » pérée, ce sont généralement les schistes mica- » cés et les serpentines, et non les gneiss qui

» renferment les grenats..... entre la source » de Sauchorquis et la croix de la Guayra, » comme plus haut encore, le gneiss renferme des » bancs puissans de calcaire primitif gris-bleuâtre » saccaroïde, à gros grain, contenant du mica » et traversé par des filons de spath calcaire » blanc.... En Europe, des bancs de calcaire » primitif s'observent généralement dans les schis-» tes micacés; mais on trouve aussi du calcaire » saccaroïde dans un gneiss de la plus ancienne » formation, en Suède près d'Upsal, en Saxe » près du Burkersdorf, et dans les Alpes au pas-» sage du Simplon » (Voy. pour ce dernier lieu, ce qui a été dit au § précédent 177). Dans le même ouvrage, pag. 608, Humboldt en parlant de la Silla de Caraccas, ajoute que « le granit » superposé au gneiss, n'offre pas une sépara-» tion régulière en bancs: il est divisé par des » fentes qui se coupent souvent à angles droits. » De son côté, M.r Maclure dans ses observations sur la géologie des États-Unis, assure que l'ordre successif depuis le schiste argileux jusques au granit, est si souvent interrompu et offre un tel mélange qu'on ne saurait établir aucune série régulière.

Si l'on réfléchit mûrement sur ces observations faites par les géologues les plus instruits, on se convaincra qu'il n'est pas possible d'admettre cette régularité de formations et de

précipitations sur laquelle on insiste si fort lorsque l'on traite de l'ordre de position des roches primitives. Il n'est pourtant pas inutile d'observer que lorsque nous disons que ces roches appartiennent au même système de formation, nous ne prétendons pas pour cela, que toutes se soient consolidées dans le même moment: par l'expression de *même système de formation*, nous entendons le *même mode de consolidation*, c'es-à-dire, que les roches dont il est question, se sont consolidées par le moyen du refroidissement. La période de ce refroidissement aura pu être de longue durée, et par conséquent on devra concevoir dans le cours de cette période, diverses époques correspondantes à diverses consolidations. La première roche consolidée au moins près de la superficie, aura été un granit (nous entendons par là l'ancien granit ainsi appelé par quelques géologues modernes, et dans lequel la force de cristallisation se fait le plus remarquer); mais cette même roche aura pu se produire de nouveau avec quelques modifications de ses caractères, lorsque des circonstances à peu près les mêmes et les mêmes élémens se seront derechef combinés, ce que nous expliquerons en son lieu. Dans la première période de la consolidation de notre globe, il n'y a donc eu qu'un seul système de formation, savoir, celui qui a eu pour cause le refroidissement, et a produit toutes les roches primitives.

Lorsque ce refroidissement fut parvenu à un certain point, alors commença un autre système de formation dans lequel l'eau animée par la chaleur encore restante, aura exercé son action. Il y aura néanmoins quelques cas où il sera assez difficile de tirer une ligne de démarcation, et où l'on pourra confondre les derniers produits du premier système, avec les premiers produits du second.

Digitized by Google

CHAPITRE XXX.

Des formations subordonnées.

§ 182. C'est un principe de quelques écoles géologiques, que la superposition des roches n'est point arbitraire, et que chacune de ces roches occupe une place déterminée; en sorte que dans l'enveloppe de la terre, depuis la plus grande profondeur à laquelle on ait pu pénétrer jusqu'à la superficie, il règne entre ces mêmes roches un ordre régulier. On veut encore que cette position respective ait lieu non-seulement entre les roches qui appartiennent à diverses formations, mais aussi parmi celles qui composent une même formation; et qu'enfin toutes ces roches occupent respectivement entr'elles une position déterminée. Ce principe est contredit par les observations que nous avons rapportées dans le chapitre précédent. Il résulte en effet de ces observations, que dans les régions primitives, les roches de formation aussi primitive, sont souvent modifiées les unes par les autres; leur gisement exclud l'idée que des bouleversemens postérieurs aient pu détruire la régularité des précipitations. De là vient que pour faire concorder le système avec les observations, on a

admis les formations *subordonnées*, et à ces formations on a rapporté toutes les roches qui ne formant point de grandes masses de montagnes, se présentent sous la forme de filons ou de rognons, et se trouvent renfermées dans d'autres roches, dont la consolidation s'est opérée à la même époque. Cette expression me semble très-propre à exprimer un fait qu'il est souvent utile de prendre en considération, lors surtout que les observations concourent à en démontrer la vérité, relativement à ces substances pierreuses auxquelles il s'applique, pourvu néanmoins qu'on exclue l'idée systématique des précipitations et qu'on ne prétende pas établir un système général. Cela posé, et d'après la doctrine d'un grand nombre de géologues, dans la formation primitive, ont été produites les roches suivantes en commençant par la partie la plus profonde de l'enveloppe de la terre.

§ 183. *Granit* (formation indépendante). Les formations subordonnées au granit, sont celles des filons de quartz, de feld-spath, d'étain, etc.

Gneiss (formation indépendante). Il repose immédiatement sur le granit, se confond peu à peu avec lui, est composé des mêmes élémens, et en diffère néanmoins quant à la texture schisteuse, vu la grande quantité de mica qu'il contient. Dans le gneiss, on distingue les formations subordonnées qui suivent: 1.° celle du granit

moins ancien que le précédent, puisqu'il existe dans une roche de formation postérieure, d'où il suit qu'outre le granit plus ancien qui constitue une formation indépendante, il y a un granit plus récent, et c'est celui qu'on trouve dans le gneiss; 2.° celle du porphyre dit primitif, parce que, vu son gisement, c'est la plus ancienne des roches porphyritiques: on distingue plusieurs espèces de ce porphyre, selon la différence des matières qui en forment la base; 3.° celle du trapp primitif; cette formation trappéenne primitive embrasse diverses roches; 4.° celle du calcaire primitif; 5.° celle de la serpentine; 6.° celle du gypse; 7.° celle du quartz; et 8.° celle des bancs de pyrites que renferme le gneiss, et qu'on trouve dans quelques mines.

Schiste micacé (formation indépendante); il est immédiatement superposé au gneiss, et passe insensiblement à cette roche. Dans cette formation, on retrouve les mêmes formations subordonnées dont nous avons déjà parlé, savoir, une espèce de granit plus récente que les deux précédemment citées, le quartz, le porphyre, le trapp, la pierre calcaire, la serpentine et le gypse. Observons néanmoins que, suivant le témoignage de De Buch, dans les pays du nord, on voit souvent le schiste micacé et le gneiss alternativement encaissés et formant des couches l'un dans l'autre; on ne peut donc pas établir

Digitized by Google

en principe que les deux substances appartiennent à deux formations indépendantes. Selon le même auteur, le granit repose quelquefois sur le gneiss, et quelquefois encore sur le schiste micacé; dans la Suède et dans la Norvège, on voit plusieurs exemples du premier gisement: le second gisement a été observé dans le Varelstadt en Norvège, et dans les montagnes du S. Gothard, où le granit qui forme les deux sommités *Prosa* et *Ficudo*, repose sur un schiste micacé bien déterminé; on ne peut donc pas regarder comme un fait constant que le gneiss et le schiste micacé soient d'une formation postérieure à celle du granit.

Schiste argileux (formation indépendante). Le schiste micacé passe peu à peu au schiste argileux qui le recouvre immédiatement. Dans cette formation, figurent de nouveau comme formations subordonnées, les filons de granit, de porphyre, de trapp, de calcaire, de quartz, de serpentine, de gypse, et en outre une autre formation subordonnée, savoir, celle du schiste siliceux primitif. Nous observons cependant que si le schiste micacé dégénère, comme nous l'avons déjà dit, en schiste argileux, celui-ci à son tour passe quelquefois à l'état du premier. De Buch vers la fin du chap. 4 de son *Voyage en Norvège et en Laponie*, en parlant de la roche qui prédomine entre le Guldal et Drontheim,

demande à quelle classe il convient de rapporter cette roche? Doit-elle être comprise dans la classe des schistes micacés ou dans celle des schistes argileux? A Steinberg vers Drontheim, elle a au premier coup d'œil l'apparence d'un schiste argileux: la texture de la roche est schisteuse; mais la surface du schiste, dépourvue d'éclat, est parsemée presque partout de feuillets de mica, dont la couleur noire et l'éclat métallique décèlent la véritable nature de la roche; en effet, les feuillets de mica ne sont pas fréquens dans le schiste argileux primitif.... près du Niddal, le mica prend plus d'éclat, et par là se rapproche davantage du véritable schiste micacé; il n'est pourtant pas onduleux, et ne renferme pas de quartz, ce qui le caractérise plutôt comme appartenant au schiste argileux.

Il importe encore de faire observer que le quartz a été rangé jusqu'à présent dans la classe des formations subordonnées au granit, au gneiss, au schiste micacé et au schiste argileux, etc. Mais Humboldt a trouvé en Amérique, près le village de Guancamarca, une formation quartzeuse qui a plus de 2500 mètres de grosseur: Brongniart (Voy. *Journal des mines*, n.° 206) a observé dans le département de la Manche, une série de collines formée de quartz granulé, coupé par des filons de quartz hialin. De Buch a rencontré en Norvège, dans le haut Valder, le

quartz en si grande quantité et d'une hauteur si considérable, qu'il l'a regardé comme une roche particulière: enfin Ali-Bey dans son *Voyage* imprimé à Paris en 1814, tom. 2, pag. 423, en parlant des montagnes de la Mecque, assure que le quartz en forme la masse principale, et que les couches sont disposées obliquement et sous divers angles d'inclinaison, les plus communément de 30 à 45 degrés, s'élevant vers l'est. De tont ce que nous venons de dire, on peut conclure que le quartz devrait être encore compté parmi les formations indépendantes.

Roche des topazes (formation indépendante). Dans la Saxe, on a observé une montagne formée d'une roche différente de toutes celles qui sont connues des géologues, et qui ont été par eux décrites. Les parties qui composent cette roche, sont le quartz, la tourmaline et la topaze avec la lithomarge disséminée dans les interstices: sa texture est granulaire tirant sur la schisteuse; elle repose sur le gneiss, et est couverte d'un schiste argileux. C'est en faveur de la montagne qui la renferme, qu'on a établi une formation nouvelle et différente des autres.

Porphyre nouveau (formation indépendante). Le porphyre qu'on rencontre en filons subordónnés que renferment les gneiss et les schistes micacés et argileux, forme encore quelquefois des montagnes: dans le premier cas, on lui a donné

le nom de porphyre ancien, vu que son origine a dû être contemporaine de celle des roches les plus anciennes; dans le second, il a reçu la dénomination de porphyre de formation plus récente, parce que reposant sur les formations précédentes, il appartient nécessairement à une époque postérieure à ces formations.

Siénite (formation indépendante). On la trouve ordinairement auprès du porphyre, et lorsqu'elle est unie à cette roche, elle forme la partie la plus élevée de la montagne, ce qui est un indice certain qu'elle s'est consolidée à une époque postérieure. Cette roche de texture granulaire est composée de feld-spath et d'amphibole, mais de manière que la première de ces deux substances y prédomine. Nous aurons occasion de parler ailleurs plus en détail de cette roche; il nous suffira pour le présent, de faire observer que, suivant quelques géologues, la siénite existe encore dans les formations subordonnées au granit et au gneiss (1).

(1) Aux formations précédentes, il faut joindre celle de l'*eurite* des Français, *veisstein* des Allemands. Cette roche est composée essentiellement, 1.° de feld-spath grenu, d'un grain très-fin et quelquefois presque compacte, de couleur d'un gris tantôt blanchâtre, tantôt jaunâtre, tantôt plus foncé; et 2.° de mica brunâtre dont la proportion varie. Sa structure toujours stratifiée est quelquefois très-fissile, quand le mica est abondant (le feld-spath alors est souvent presque friable comme la dolomie): quelquefois elle présente en petit peu de fissilité quand le feld-spath

Serpentine (formation indépendante). Cette roche qui, comme le porphyre, appartient quelquefois aux formations subordonnées, parce qu'on la trouve en filons dans le gneiss et dans les schistes micacés et argileux, forme d'autrefois des montagnes. Dans le premier cas, on lui a donné le nom de serpentine ancienne, et dans le second, celui de serpentine plus récente.

§ 184. Ce que nous avons dit jusqu'ici relativement aux formations indépendantes et subordonnées, est tiré de l'exposition du système wernérien, par le savant géologue Jameson, (Voy. *Chimie de Thomson*, édition française, tom. 7.e). Je sais que cette exposition n'est pas entièrement conforme à ce que d'autres sectateurs de Werner ont écrit sur la même matière, et que le même Jameson dans quelques ouvrages postérieurs a fait des changemens à ses idées; voilà pourquoi il eût été à désirer que l'illustre fondateur de cette école, se fût déterminé à

---

est plus compacte et le mica plus rare. L'*eurite* renferme presque toujours des grenats, quelquefois du distène et d'autres minéraux mélangés ou disséminés. Considérée géognostiquement, l'*eurite* mérite aussi une place et une attention particulières, puisqu'on ne la trouve superposée à aucune autre roche, mais qu'on la rencontre au contraire au-dessous même du gneiss. On trouve avec l'*eurite*, une roche granitoide qui est quelquefois un véritable granit. On peut voir ce que Bonnard a écrit sur cette roche dans son *Essai géognostique sur l'Erzgebirge*, d'où nous avons emprunté la description que nous en avons donnée.

satisfaire les vœux de tous les géologues, en publiant lui-même son système, ne fût-ce que pour faire cesser cette discordance d'idées qu'on remarque dans les ouvrages de ses élèves. Je crains cependant qu'il sera fort difficile de donner sur ce sujet, des règles fixes et constantes. Plus les observations se multiplient, plus s'accroît le nombre des exceptions, et l'on reconnoît l'insuffisance des théories qu'on a voulu établir, comme si la superficie du globe avait été fabriquée dans tous ses points sur le modèle de quelquelques cantons particuliers. Je n'entends pas dire par là, qu'il ne soit pas infiniment utile d'observer ce qui arrive le plus communément: comme les mêmes causes étant données, on voit se reproduire les mêmes effets, une exacte analyse de ces effets pourra nous conduire un jour à la connoissance des causes, et nous dévoiler l'origine de toutes les anomalies; je ne combattrai donc que ce trop grand empressement qu'on a de généraliser les objets.

§ 185. Si les diverses formations ne sont autre chose que de diverses précipitations, la difficulté qu'on trouve à expliquer comment une précipitation a pu se changer et se transformer en une autre précipitation (Voy. § 170), s'accroîtra de beaucoup lorsqu'on voudra à l'aide du même principe, rendre raison de l'origine des formations subordonnées. Remontons par l'imagination

à la consolidation de la roche la plus ancienne, c'est-à-dire, du granit. Pendant que la matière terrestre était dissoute dans l'eau, la cristallisation du granit eut d'abord lieu; ce fut sans doute la plus considérable. Après celle-ci commença une autre précipitation différente de laquelle résulta le gneiss. Les deux extrêmes de ces précipitations, savoir, la fin de la précipitation du granit, et le commencement de la précipitation du gneiss pouvaient fort bien se confondre, et d'après cela, on est peu surpris de voir ces deux substances pierreuses passer réciproquement l'une à l'autre: mais la difficulté est de concevoir comment dans la période de la seconde précicipitation, la nature du précipité a pu subir des changemens si multipliés et si notables, en sorte qu'ici le granit ait paru de nouveau, que là se soit formé le porphyre, qu'ailleurs ait figuré le trapp, plus loin la serpentine, etc. La seconde précipitation une fois terminée, la troisième a commencé; elle a produit le schiste micacé. Il paroît que cette troisième précipitation fût plus mécanique que chimique, parce que le schiste micacé offre peu de traces de cristallisation: cependant dans le cours de la période correspondante à cette même formation, se réproduisent encore les précipités chimiques cristallins qui formèrent ces filons de granit qu'on rencontre quelquefois dans le schiste micacé: ajoutons

quelques autres précipitations différentes desquelles procédèrent les porphyres, les trapps, la pierre calcaire, la serpentine, etc. C'est ainsi que si nous voulions passer en revue les diverses formations principales et leurs respectives formations subordonnées, nous nous trouverions engagés dans un labyrinthe de précipitations tantôt chimiques, tantôt mécaniques, tantôt en partie chimiques et en partie mécaniques, sans pouvoir assigner une cause quelconque même générale et éloignée, qui ait pu influer sur cette multiplicité de changemens qu'il serait bien difficile d'accorder avec la manière régulière et tranquille dont on prétend que se sont opérées les précipitations. Lorsque le gneiss, le schiste micacé, le schiste argileux primitif, la siénite, le trapp primitif, etc., sont intercalés dans le granit, on doit, dit-on, les considérer comme de simples anomalies de la roche granitique : mais qu'entend-on par ces anomalies? Veut-on introduire de nouveau dans la philosophie, les bizarres jeux de la nature? On se trouvera dans un bien plus grand embarras lorsqu'on voudra expliquer l'origine des couches étrangères (1).

(1) Dans l'école wernérienne, indépendamment des couches subordonnées, on admet encore des couches *étrangères*; ce sont celles formées de substances pierreuses, qui, assez rarement et comme par accident, se trouvent au milieu d'une roche dont elles interrompent la continuité. Comme le gneiss contient quelquefois

§ 186. Que si renonçant à l'idée des précipitations et des cristallisations opérées dans le fluide aqueux, on veut adopter l'hypothèse de la consolidation des roches primitives par le moyen du refroidissement de la superficie terrestre, nous ne dirons point que par là, on pourra expliquer avec précision et clarté tout phénomène (car qui peut jamais se flatter de porter une vue assez pénétrante dans des questions de cette espèce!), mais qu'on recueillera peut-être quelque trait de lumière qui conduira à la connoissance du vrai, ou du moins de ce qui est le plus vraisemblable. Quelques roches primitives ont la structure granulaire et cristallisée comme les granits; d'autres l'ont compacte comme les porphyres, les trapps, les serpentines; quelques-unes laminaire comme les schistes soit micacés, soit argileux. On dit communément qu'à l'époque des formations primitives, la force de cristallisation s'est manifestée avec beaucoup plus d'énergie qu'aux époques postérieures: mais il nous paroît que la matière terrestre a toujours une égale tendance à se cristalliser, pourvu que les circonstances nécessaires concourent à cette opération. Cependant quelle différence entre la

---

l'actinotte aciculaire d'Haüy (stralstein), et fréquemment le trapp, on dit que la première de ces deux substances forme des couches *étrangères*, et la seconde, des couches subordonnées au gneiss.

texture cristallisée du granit, et la texture compacte de la serpentine et du trapp, substances pierreuses, qui, comme on l'a vu dans le chap. XXIX, lorsqu'elles se trouvent gisant dans une même contrée, appartiennent à une formation contemporaine et passent l'une à l'autre par des nuances, pour ainsi dire, insensibles.

§ 187. Si les diverses variétés de roches primitives sont beaucoup plus cristallisées, que les autres qui appartiennent à des formations postérieures, je crois que cet effet doit être attribué au plus grand degré de fluidité de la matière, produit par la chaleur plus intense qui régnait alors dans le globe. Mais toute la matière n'a pas pu se cristalliser régulièrement: dans quelques sites, la cristallisation aura été entravée par un espace trop resserré, ou troublée par des mouvemens irréguliers, ou bien empêchée par un refroidissement trop subit, ou enfin altérée par le concours de quelques élémens qui se seront réunis en des proportions différentes de celles que pouvait requérir la cristallisation des parties dont se composent les granits. De là, cette variété des roches qui appartiennent à la formation primitive. Peut-être en analysant en détail, les circonstances dont nous venons de parler, et l'influence que chacune d'elles a pu exercer dans quelques parties de la masse générale de la matière, au moment que la cristallisation du granit la plus

étendue de toutes s'opérait dans une contrée, parviendra-t-on à découvrir pourquoi quelques parties, au lieu de participer à la cristallisation graniteuse, ont pris, en se consolidant, une forme et des apparences différentes. Posons, pour exemple, ces géodes métalliques dont nous avons parlé au § 19; dans les parties internes où le refroidissement a été plus lent et progressif, les polarités cristallifiques ont agi plus efficacement, et par conséquent les cristallisations ont dû être plus régulières: au contraire les parties superficielles qui ont subi un refroidissement beaucoup plus prompt, quoique placées dans un espace plus libre, ont formé, en se réunissant, une masse plus compacte. Ainsi les roches granitiques comme les plus cristallisées gisent ordinairement au-dessous de celles qui ont une texture compacte ou feuilletée. Vers la fin du chap. 8 du *Voyage en Norvège et en Laponie* du savant De Buch que nous avons déjà cité, on trouve une belle réflexion. Dans la description qu'il fait d'une variété de gneiss qui contient des paillettes de mica, du feld-spath gris à petits grains, fort peu de quartz, et une prodigieuse quantité de gros grenats rouges, il dit que les couches de ce gneiss sont coupées par de petits filons de granit composé de feld-spath blanc-jaunâtre à gros grains, d'un peu de mica blanc-argentin et de beaucoup de quartz; et il observe que le granit se forme,

le feld-spath s'accroît, le mica disparoît partout où la masse du gneiss a joui de quelque repos dans le creux des filons. De Bŏch termine ses observations par ces paroles bien remarquables : « Ceci vient à l'appui d'une grande vérité à » laquelle conduisent tous les phénomènes géo- » logiques, c'est que toutes les diverses forma- » tions ne sont dues qu'au repos et au mou- » vement différemment modifiés par les forces » d'attraction. »

§ 188. Les principes que nous venons d'exposer pourront encore servir de base aux conjectures que nous formerons pour assigner une origine quelconque aux couches tant subordonnées qu'étrangères. Pendant que les circonstances du refroidissement produisaient la consolidation, par exemple, du schiste, il a pu intervenir un nouveau concours de matière calorifère qui ait accru dans quelque endroit la fluidité des substances terrestres, en sorte qu'il en soit résulté une nouvelle cristallisation granitique, tandis que dans un autre endroit, un concours de matières diverses aura déterminé la formation du trapp et du porphyre. Pour tout dire en un mot, il me paroît que dans la multiplicité et dans la variété des accidens et des combinaisons qui peuvent avoir lieu dans une immense masse de matière qui se refroidit tumultueusement et au

milieu des torrens des vapeurs qui se développent, il me paroît, dis-je, qu'il n'est pas difficile de concevoir une cause générale de cette variété de roches primitives qui se fait remarquer à la superficie du globe, pendant que d'un autre côté, les divers degrés de fluidité de la matière terrestre dépendant des divers degrés de refroidissement, peuvent nous fournir le moyen d'expliquer cette régularité de gisement des roches primitives, qu'on observe parfois dans quelques contrées. Toutes les observations que j'ai rapportées, et beaucoup d'autres que j'ai cru devoir passer sous silence pour raison de brièveté, démontrent qu'on ne peut établir aucune règle précise et certaine dans la disposition des roches de la formation primitive, tandis que d'autre part, on ne saurait nier que certains gisemens ne soient tantôt plus frequens, tantôt plus rares, ainsi que cela est confirmé par les observations. Il convient donc d'admettre dans la consolidation du globe, l'influence de quelque cause générale dont les effets ont été quelquefois modifiés par des circonstances particulières. Dans le système neptunien, cette cause générale est la précipitation dont on ne peut assigner de raison plausible, et qui est sujette à une foule de difficultés que nous avons signalées (Voy. § 29): dans l'hypothèse que nous proposons, on peut au

contraire concevoir de la manière que nous l'avons dit, comment le refroidissement s'est opéré, et la cause générale à laquelle on doit attribuer ces phénomènes qu'on observe fréquemment, et dont les anomalies dépendent de ces modifications que la cause générale a subies dans son cours régulier, par suite de quelqu'une de ces circonstances que nous avons ci-dessus indiquées.

CHAPITRE XXXI.

De la stratification des roches primitives et particulièrement du granit.

§ 189. La stratification consiste dans la séparation d'une roche en masses plates et prolongées par le moyen de fentes parrallèles qui règnent dans toute l'étendue de cette roche. Pour pouvoir attribuer à diverses précipitations l'origine des roches primitives, il faudrait avoir remarqué dans toutes ces roches, quelque trace plus ou moins sensible de stratification : mais il est très-rare de reconnoître cette disposition soit dans le porphyre, soit dans la serpentine. Ainsi comme le granit est la roche la plus remarquable de toutes celles qui appartiennent à la formation primitive, et que c'est surtout à raison de cette roche, qu'on dispute pour savoir si elle est ou n'est pas disposée en forme de couches, nous croyons qu'il convient de parler en détail de sa stratification. Le professeur Pino dans son *Mémoire minéralogique sur la montagne et sur les environs du Saint-Gothard*, nous a indiqué les véritables caractères d'une montagne stratifiée, caractères qu'on peut réduire à cinq, savoir, 1.° pour qu'une montagne puisse être regardée comme stratifiée, il

doit y avoir un certain nombre de masses distinctes et superposées ou du moins appuyées les unes contre les autres. On ne saurait déterminer exactement le nombre de ces masses, parce qu'il dépend de la hauteur particulière de chaque masse, et de la hauteur totale de la montagne; 2.° les plans qui se regardent dans la superposition, et qui font proprement la liaison des couches, doivent être assez lisses ou du moins ils ne doivent pas offrir de grands ressauts ou d'autres inégalités tranchantes formées de matières homogènes, c'est-à-dire, qu'au lieu de liaisons, il ne doit pas y avoir des crevasses ou des séparations forcées; 3.° ces plans ou ces liaisons doivent former avec l'horizon un angle constant, et par conséquent les masses doivent être parallèles; 4.° dans chacun de ces plans, on doit remarquer une direction constante par rapport aux points cardinaux; 5.° indépendamment des quatre propriétés ci-dessus mentionnées, les masses doivent s'étendre considérablement tant dans la hauteur, que dans la largeur et dans la longueur de la montagne.

§ 190. C'est d'après ces divers caractères d'une montagne stratifiée, que M.r Pino ayant observé de près la chaîne du Saint-Gothard pendant un espace d'environ 60 milles, assure qu'il n'y a reconnu aucune véritable stratification. Pallas, qui a examiné plusieurs grandes chaînes de

montagnes granitiques, remarque qu'on ne trouve jamais le granit en couches, et il ajoute qu'à la vérité quelques granits semblent amoncelés en couches de plusieurs pieds de grosseur, mais que les fentes qui ont divisé ces couches en grandes masses parallélipipèdes, doivent être considérées comme les articulations des basaltes, ou comme les fentes d'un argile durcie au feu. Bonnard dans l'*Essai géognostique sur l'Erzgebirge* (Voy. *Journal des mines*, octobre 1815) parlant des granits de ce groupe ou système qu'il appelle de l'est, dit qu'ils ne présentent aucun indice de stratification. De Buch convient aussi que le granit ne se trouve jamais en couches (Voy. *Journal de physique*, fructidor an 7), et il affirme qu'il n'a vu aucune trace de stratification dans la chaîne granitique du Reinsengebirge qui a plus de 30 lieues de long, ainsi que dans les granits de la Saxe, de la Bohême et de la partie des Alpes qu'il a visitée. Selon Hutton, nous ne devons supposer à nos masses de granit aucune structure déterminée, à l'exception des veines et des fentes formées par la retraite de la matière à l'époque de la consolidation. J'ai moi-même visité avec le savant M.r Isimbardi qui m'honore de son amitié, les granits de la partie septentrionale du Lario, et nous n'avons pu y remarquer aucune stratification. J'en dirai tout autant des deux montagnes granitiques du Lac Majeur, savoir,

celles de Baveno et de Montorfano. Dans le célèbre bloc de granit transporté à Pétersbourg, qui avait 21 pieds de hauteur, 34 de largeur et 42 de longueur, il n'y avait aucun indice de couches. Enfin Playfair n'a pu découvrir le moindre vestige de stratification dans la partie granitique de la chaîne du Goatfield dans l'île d'Aran, et Brochant assure positivement que les granits du midi de la France n'ont point des couches distinctes.

§ 191. Au contraire Playfair que nous avons déjà cité, prétend avoir observé dans la forêt de Charley, dans Leicestershire et dans Berwickshire à Lammermuir près le village de Priestlaw, un véritable granit disposé en couches régulières. Un grand nombre de géologues têls que Dolomieu, Saussure, De Luc (1), Werner ont soutenu la stratification du granit, et Humboldt en a même déterminé la direction en établissant que les couches granitiques comme celles

(1) Cet auteur dans l'*Abrégé de géologie* imprimé à Paris en 1816, prétend démentir ce que De Buch a écrit sur les granits du Reisengebirge ; il le taxe d'observateur peu exact, et il assure qu'il résulte de ses propres observations, que la chaîne des monts des Géans est composée de granit stratifié. Il est possible que dans une chaîne de 30 lieues de longueur, les lieux vérifiés par l'un de ces deux naturalistes, soient différens de ceux observés par l'autre. Du reste, De Buch par ses ouvrages et par ses voyages, s'est déjà assuré un rang distingué parmi les premiers géologues de ce siècle, et les expressions peu mesurées de De Luc ne sauraient porter la moindre atteinte à une réputation si bien acquise.

des autres terrains primitifs, sont inclinées au nord tirant un peu vers l'ouest, et formant avec l'axe du globe un angle de 45 à 57 degrés, pendant que les couches des montagnes secondaires, suivant le même auteur, sont toujours inclinées au sud pliant un peu à l'est. Cependant les géologues suisses qui admettent la stratification du granit, conviennent que dans les Alpes du Saint-Gothard, l'inclinaison des couches au nord-ouest n'est pas celle qui prédomine généralement, mais qu'au contraire l'inclinaison au sud-est se fait remarquer dans des extensions encore plus considérables, puisqu'au revers septentrional des mêmes montagnes, et à la partie boréale de la chaîne centrale, cette inclinaison prédomine généralement jusques aux dernières limites des formations primitives: elle se montre encore généralement dans les chaînes parallèles les plus méridionales; et enfin dans cette partie de la chaîne centrale et des chaînes méridionales les plus voisines où prédomine l'inclinaison au nord-ouest, on remarque d'espace en espace l'inclinaison méridionale des couches. Dolomieu, qui a combattu l'opinion de Humboldt, admet les couches de granit, mais il nie la régularité de leur direction dans la chaîne des Alpes; ce qui encore a été confirmé par Cordier relativement à la chaîne des Pyrénées. On doit observer que quoique Saussure ait toujours soutenu la

stratification du granit, il a néanmoins avoué ne l'avoir pu reconnoître dans les granits qui bordent le Rhône entre Lyon et Valence.

§ 192. Que devrons-nous conclure de ces observations si contradictoires? Elles confirment, ce me semble, une grande vérité, c'est qu'en géologie, il faut bien se garder de trop généraliser: un grand nombre d'erreurs se sont introduites dans cette science, parce que bien souvent on a voulu étendre à toute la superficie du globe, les phénomènes observés dans quelques contrées. Le granit dans certaines montagnes, pourra être stratifié; il pourra ne pas l'être dans d'autres, ce qui ne devra point nous surprendre soit dans l'hypothèse de la fluidité aqueuse, soit dans celle de la fluidité ignée. Si l'on admet la formation du granit par le moyen d'une cristallisation qui s'est opérée dans l'eau, lorsqu'on voudra expliquer l'origine de la stratification de cette roche, on devra supposer diverses précipitations successives; et puis pour rendre raison de la formation des montagnes granitiques qui composent de grandes masses, il faudra recourir à une seule précipitation, mais à une précipitation aussi étendue qu'abondante. Ces deux phénomènes concordent encore avec notre hypothèse: Si le granit s'est cristallisé par l'effet du refroidissement d'une matière qui a été dans un état de fusion, il aura dû former des masses unies et

Digitized by Google

continues; mais dans plusieurs endroits, le refroidissement aura pu produire des fentes ou des lignes de retraite qui offriront l'apparence de couches (1), comme on l'observe dans quelques courans de lave. Il pourra aussi y avoir de véritables couches correspondantes aux diverses époques et aux divers progrès de la consolidation; et comme la décomposition, en attaquant la superficie d'une montagne, rend plus sensible la direction des couches, il est certain que ces couches pourront avoir un aspect de régularité, si la direction dans laquelle ont agi les forces décomposantes, coïncide avec celle des lignes de séparation. De Luc (Voy. *Lettres à Blumenbach*, pag. 64) en faisant la description des granits du Missuri, remarque que dans la partie la plus élevée de cette péninsule, le pays est de granit disposé en couches distinctes de différente grandeur, mais qu'il est rare que ces couches excèdent deux pieds; que le granit est en général dans une situation horizontale; qu'on en sépare facilement les couches les unes des autres, et qu'on les brise en blocs à peu près rectangulaires pour en construire des édifices, parce qu'il serait trop dispendieux de les travailler avec le ciseau.

---

(1) Leibnitz s'exprime ainsi dans sa *Protogée* : *Credibile est contrahentem se refrigeratione crustam, in folia quædam discessisse*.

§ 193. En lisant cette description, ceux qui n'ont pas eu occasion d'observer de près les phénomènes des laves, pourront se former l'idée d'une roche produite par des dépositions successives. Mais qu'il me soit permis de rapporter ici ce que j'ai écrit dans le tome 1.er des *Voyages physiques et lithologiques dans la Campagnie*, pag. 196, sur ce courant de lave qu'on voit à la base du Vésuve, et qu'on appelle de la Scala : « L'excavation que l'on fait dans cette lave, à » la plage de la mer, près de la caserne de la » cavalerie, est digne d'être observée. Sous une » couche uniforme de 15 à 20 pieds de profon- » deur, la lave se trouve divisée en d'autres » couches de 3 à 4 pieds de hauteur. Ces couches » sont distinctes par des plans parallèles et hori- » zontaux, et au-dessous on voit de gros prismes » ordinairement hexagones qui se détachent avec » une grande facilité. Dans d'autres endroits, » ces prismes au lieu d'être situés à la partie » inférieure du courant, sont à la partie supé- » rieure. J'ai vu quelques-uns de ces gros prismes » dont le sommet se divisait en une quantité de » petits prismes, phénomène semblable à celui » observé par M.^{r} De Faujas dans les basaltes de » la célèbre grotte de Fingal dans l'île de Staffa, » et qui prouve la tendance qu'a la matière » même dans ses plus petites parties, à prendre » la forme colonnaire prismatique. » Les couches

très-régulières de la lave de la *Scala*, me semblent démontrer que la retraite de la matière dans l'acte du refroidissement de la lave, est la seule cause des formes ou plates ou prismatiques, et que dans certaines combinaisons, une matière fondue peut dans la période de son refroidissement prendre l'apparence de stratification.

§ 194. En outre, je suis très-porté à croire que quelques granits semblent stratifiés par le seul effet de la décomposition. C'est ce que j'ai observé dans plusieurs endroits, et particulièrement dans la roche granitique de Sémur, en France, à l'endroit où coule le ruisseau appelé *Bourdon*. Là on voit que les fentes dans la direction desquelles le granit casse facilement, sont l'ouvrage de la décomposition et de la force lente, mais incalculable de l'air, du soleil, de l'eau, etc. Trébra nous a encore donné la description d'un granit divisé par l'effet de la décomposition, en couches qui présentent quelque aspect de régularité, et qui sont tantôt horizontales, tantôt légèrement inclinées à l'horizon selon la pente de la montagne. A la page 240 de son ouvrage sur l'intérieur des montagnes, il dit avoir trouvé très-communément des fentes qui s'approchaient de la ligne horizontale, bien que dans quelques roches, elles eussent encore des directions presque perpendiculaires. Ces bancs de roches étaient cependant d'une grosseur inégale

et pleins de proéminences, ce qui prouve qu'au moins à l'air libre, la roche granitique a encore la propriété de se diviser en petites masses de quelque régularité. Trébra ne veut pourtant pas décider s'il y a de pareilles traces d'une division de bancs de granit dans l'intérieur des montagnes; mais quoiqu'il n'ose pas le nier, il a du moins des motifs d'en douter, d'après les diverses observations qu'il a faites. Observons encore que cet auteur était porté à croire que ces lignes qui donnent au granit un aspect de stratification, ne pénétraient pas dans l'intérieur des montagnes, et que par conséquent elles étaient des effets de la décomposition superficielle.

§ 195. A l'appui de ce qu'assure Trébra sur la propriété qu'ont les granits de se diviser en petites masses de quelque régularité, j'ajouterai que dans le lieu de Sémur dont j'ai déjà parlé à la fin de la descente qui conduit à un pont, j'ai observé la superficie d'un granit tellement entrecoupé de fentes presque régulières de la profondeur d'environ un pouce, que cette superficie représentait un ouvrage en forme de réseau, *opus reticulatum*. Les gros morceaux rhomboïdaux de granit trouvés par Patrin dans une montagne de Sibérie; les granits de la rive droite de la Berda que Pallas a vu se fendre en parallélipipèdes grands et petits; les rhomboïdes réguliers de la même pierre décrits par Pasumot

dans le voyage aux Pyrénées ; quelques granits du Grimsel que Saussure, § 1689, a observés se partageant naturellement en prismes quadrilatères d'une très-grande régularité, démontrent la tendance qu'a cette roche pour se diviser en solides quadrilatères (1), propriété qui lui est peut-être communiquée, comme le conjecture Faujas, par l'abondance de la matière feld-spatique. Enfin les couches de granit repliées en arc dont parle Saussure, § 1764, me semblent devoir être attribuées à la décomposition, qui, lorsqu'elle s'introduit dans une roche, peut en détruisant la continuité de ses parties, et en s'insinuant dans différentes directions, lui donner une apparence que l'on croirait originaire, tandis qu'elle n'est que l'effet des causes qui agissent journellement.

(1) Ramond dans son *Voyage au Mont Perdu*, décrit les formes que prennent les masses de granit lorsqu'elles se démembrent (Voy. planche 1.ère de son ouvrage, où ces formes sont représentées). Ce savant géologue pense que les granits se dégradent selon les lois de leur structure, et que leurs fentes sont assujetties à une disposition régulière, et représentent les limites d'une cristallisation qui agissait en divers centres. Les masses granitiques tendent à se diviser en petits polyèdres selon les joints sur la face desquels on reconnoît le poli de la nature. Tous les élémens du granit son cristallisés, et il est très-probable que cette force de cristallisation qui s'y développait, exerça encore son énergie sur leur union, et imprima ses formes aux masses granitiques. Ces formes, suivant Ramond, peuvent toutes se réduire au pentaèdre cunéiforme qu'on doit considérer comme la molécule primitive de la cristallisation du granit.

§ 196. Il ne sera pas hors de propos d'observer que quoique le granit soit l'une des roches les plus dures, il n'est pas moins sujet à se décomposer. Saussure a vu dans le Lyonois, dans l'Auvergne, dans le Gévaudau et dans les Vosges, des lieues entières de pays dont le terrain n'était autre chose qu'un sable grossier produit par la décomposition du granit qui forme la base du territoire de ces provinces : et en quelques pays d'Allemagne, cette roche dans l'état de décomposition, est si abondante que Woigt a dit qu'il n'y a point de minéral qui soit aussi sujet à s'exfolier que le granit et la siénite, ce qu'il prouve par des exemples tirés du Brocken et de la forêt de Thuringe. Pallas a observé que la chaîne granitique de la Sibérie à cause de la facilité avec laquelle se décomposent les roches dont elle est formée, paroît avoir perdu beaucoup de sa hauteur primitive, en comparaison du Caucase et des Alpes européennes. Presque toutes les montagnes granitiques de la Sibérie semblent composées de masses, pour ainsi dire, amoncelées et arrondies par la décomposition, et qui présenteraient aux peintres et aux poètes, les plus belles scènes des travaux des géans de l'antiquité, qui, pour escalader le ciel, entassaient montagnes sur montagnes. Les granits des Alpes ont plus de solidité, et résistent davantage

Digitized by Google

à l'action des causes décomposantes (Voy. Saussaure, *Voyage dans les Alpes*, § 143). Comme la substance qui prédomine dans le granit est le feld-spath, et que l'un des élémens des feld-spaths est la potasse qui y est répandue d'une manière fort inégale, il est très-probable que c'est de la plus ou moins grande quantité de cette substance alcaline, que dépend le plus ou moins de facilité qu'a le granit à se décomposer. On peut expliquer de cette manière, pourquoi cette roche s'altère non-seulement à sa superficie, mais quelquefois même à la profondeur de plusieurs toises, et pourquoi dans un granit fragile, on trouve des masses de la même roche parfaitement conservées.

CHAPITRE XXXII.

Considérations sur le granit et sur son gisement.

§ 197. Quoique les anciens aient eu souvent occasion d'examiner le granit, et qu'ils se soient servi de cette pierre pour exécuter divers ouvrages, nous ne trouvons pas cependant qu'ils aient pensé à en désigner l'espèce par une dénomination particulière. Pline qui nomme le porphyre, le jaspe, le basalte, l'albâtre, etc., parlant dans le liv. 36, chap. 8, des obélisques d'Égypte formés d'un granit qui contient du feld-spath rouge et d'amphibole laminaire avec un peu de mica, dit que ces obélisques furent construits avec la pierre appelée siénite, parce qu'on l'extrait près de Siène, dans la Thébaïde; et lorsque dans le même livre, chap. 12, il fait mention du fameux sphinx, il remarque que cette figure fut faite de pierre naturelle, *saxo naturali*. Quelques-uns prétendent que Tournefort dans son *Voyage du Levant* a été le premier qui s'est servi du terme de *granit;* mais il est vraisemblable qu'il avait pris ce terme des Italiens, puisqu'il publia son voyage après 1700. En effet, Cesalpino dans son ouvrage intitulé *De metallicis*, imprimé à Rome en 1596, parle en deux endroits du *granit,*

savoir, dans les chapitres 11 et 14 du livre 2.e: avant même Cesalpino, plusieurs auteurs italiens avaient adopté le terme de *granit*, comme on le voit par les exemples cités dans le Dictionnaire de la Crusca.

§ 198. Le granit est une roche essentiellement composée de grains plus ou moins cristallisés de feld-spath, de quartz et de mica immédiatement unis les uns aux autres, et comme agglutinés. Quoique la proportion et la grosseur des grains soient fort différentes, le feld-spath est ordinairement la partie dominante, et le mica celle qu'on y remarque en moindre quantité. Le quartz est souvent cristallin et transparent, quelquefois opaque blanc ou gris. Le feld-spath est tantôt blanc, tantôt gris, tantôt vert, tantôt rougeâtre. La couleur du mica varie du blanc argentin au gris et au noirâtre. Le mica manque quelquefois comme dans le granit graphique (*pegmatite* d'Haüy); et quelquefois il est remplacé en totalité ou en partie, par la stéatite ou chlorite, comme dans le granit que Jurine nomme *protogène*. Je ne dois pas passer sous silence ce nouveau genre de granit observé d'abord par Mr Coq, et ensuite par Cordier, dans l'Auvergne où il occupe un espace de plus de 250 lieues carrées, sert de base au système du Mezin dans le département de la Haute Loire, et se prolonge jusqu'à l'ancien Fôrez. Dans ce granit, la substance appelée pinite existe en

une telle quantité qu'elle forme un dixième et quelquefois le tiers de la roche. Comme cette substance est parfois transparente, elle avait été prise pour une émeraude (Voy. *Journal des mines*, tom. 26, pag. 240). La dénomination de granit a été étendue par quelques minéralogistes, à toute roche primitive qui contient des substances cristallisées : de là, on a dit des granits composés de jade et de sméragdite ou diallage, de serpentine et de schorl, de talc et de cyanite ou disthène, etc. Cependant ces roches qui ont des parties cristallisées, mais renfermées dans une pâte, ne peuvent certainement pas être confondues avec les granits; et s'il y a des roches dans lesquelles, d'autres parties constituantes différentes des feld-spaths, des quartz et des micas, soient unies ensemble par une agrégation cristalline, sans base ou partie dominante essentielle, sans aucun ciment homogène sensible, ces roches appartiendront à la classe des granits, mais elles en formeront divers genres et diverses espèces; si toutefois on croit convenable d'introduire encore dans la lithologie, de pareilles distinctions qui semblent convenir bien mieux aux corps organiques dans lesquels les caractères tant génériques que spécifiques sont permanens, et qui lorsqu'ils sont biens déterminés, peuvent servir de base à une distribution méthodique. Au surplus, pour l'exactitude du langage, il sera

Digitized by Google

toujours utile d'établir des noms afin d'indiquer les différentes variétés des roches, qui ayant la même structure que les granits, en diffèrent néanmoins ou dans la nature ou dans les caractères des parties constituantes. C'est ainsi qu'on a très-bien fait, à mon avis, de donner un nom particulier (*leptinite*) à une roche qui étaut composée de feld-spath *granulaire* mêlé avec du mica et du quartz, a une apparence bien différente de celle du granit, quoiqu'elle en ait la même structure.

§ 199. Bertrand dans ses *Nouveaux principes de géologie* imprimés à Paris en 1797, dit, pag. 39, que les masses, les montagnes et les contrées granitiques et de pierre quartzeuse qui en sont dérivées, loin de faire corps entr'elles et avec le centre du globe, sont toutes isolées et comme enclavées dans la pierre calcaire tant par-dessous que par les côtés. Il prétend que dans quelques montagnes, le granit descend à peine à la moitié de leur hauteur centrale sur les schistes et sur les marbres qui en forment le noyau et la base. A la page 62, il ajoute que le terrains calcaires se convertissent en terrains granitiques; et à la page 82, il veut que le quartz ne soit autre chose qu'une potasse, la lessive d'une terre vitreuse, c'est-à-dire, une cendre, comme la stalactite est celle de la terre calcaire. A la page 120, il affirme que la nature du granit est celle de la

cendre, et il trouve la cause qui l'a produit dans les incendies qui ont dévasté les premières terres, c'est-à-dire, celles qui étaient les plus cultivées, lorsqu'une végétation prodigieuse et les forces de la nature qui étaient encore dans toute leur énergie, y ont occasionné la plus grande déflagration. A la page 273, il soutient que le granit est une agglutination, une vitrification de monceaux de cendre : enfin à la page 489, il veut que le flux lixiviel et quartzeux ait formé les vrais granits par ses combinaisons et cristallisations au milieu des monceaux de cendre les plus purs et les plus fixes. Ces idées aussi étranges, aussi bizarres que peu intelligibles, sont encore contraires aux notions le plus généralement reçues en chimie; elles ne sont d'ailleurs appuyées sur aucun fait géologique. Le même auteur à la page 71, dit qu'on a observé qu'au Creusot, les filons de charbon fossile passent par-dessous le granit. J'ai visité ce lieu, et j'ai vérifié ce qui était déjà connu, savoir, que les amas de houille sont déposés presque verticalement entre les couches de schiste micacé et de grès (Voy. *Journal des mines*, n.° 43); de manière qu'il semble que Bertrand a confondu les matières adossées avec celles qui sont placées au-dessous, et qu'il n'a pas su distinguer la nature de la roche qui est en contact avec le charbon fossile.

§ 200. Le granit qui domine sur toutes les autres roches connues, soit parce qu'il s'élève dans l'atmosphère à de plus grandes hauteurs, soit parce qu'il pénètre dans les entrailles de la terre à des profondeurs plus considérables, est très-répandu dans le globe. Quelques géologues ont voulu déterminer en quelle proportion il existe à la surface de la terre relativement aux autres roches (1); mais nous n'avons pas encore

(1) Hutton a soutenu que si l'on veut juger d'après les apparences, c'est-à-dire, d'après ce qu'on voit à la superficie terrestre, le granit ne forme pas la dixième, ni peut-être même la centième partie du règne minéral. Le savant Playfair, son commentateur, ne dissimule pas qu'une évaluation qui varie du dixième jusqu'au centième, est trop indéterminée, et prenant la moyenne proportionnelle d'un grand nombre d'observations faites dans la chaîne des Alpes, dans celle des Pyrénées, et en Écosse, il estime la superficie terrestre qui est couverte de roches granitiques dans l'ancien continent, la quatre-vingt-dixième partie de la même superficie. Il faut pourtant convenir que ces calculs sont fort incertains, et que si leur résultat approximatif peut s'appliquer à l'Europe, on ne doit pas du moins l'étendre à l'Asie et à l'Afrique, régions sur lesquelles nous n'avons pas des notions assez positives. Il convient d'observer que suivant De Buch et Hausmann, le véritable granit est très-rare dans la Norvège, dans la Laponie et dans le nord de l'Europe, où la roche prédominante est le gneiss, et plus rare encore dans la péninsule de l'Italie, où abstraction faite des deux extrémités, c'est-à-dire, de l'extrémité septentrionale qui se confond avec la base des Alpes, et de l'extrémité méridionale qui est dans la Calabre, la grande chaîne des Apennins ne présente nulle part du granit; il est pourtant commun dans les îles adjacentes. Les anciens Romains tirèrent beaucoup de colonnes de granit

des données suffisantes pour résoudre ce problême. Le granit est généralement considéré comme la roche la plus ancienne de toutes celles auxquelles on a donné le nom de *primitives*, parce qu'il semble qu'elles ont précédé l'existence de tous les corps organisés soit animaux, soit végétaux. Si l'on a trouvé quelquefois dans les granits, quelques traces de ces substances, ce n'a été que dans les fentes où des corps étrangers ont pu s'introduire avec des matières de transport, ou dans les endroits qui ont été couverts par des dépôts calcaires coquilliers, dont quelques parties se sont insinuées dans les ruptures et les vides de la roche granitique. C'est ce qui a donné lieu à beaucoup d'équivoqnes dont les granits de Messine nous offrent un exemple. Quelques géologues avaient cru voir dans ces granits, des corps marins, mais les observations de Spallanzani et de Ferrara ont prouvé que c'était une méprise. Je crois qu'il serait inutile de rapporter les historiettes de quelques antiquaires qui ont prétendu avoir trouvé des

---

des îles de Corse et d'Elbe; et les granits de l'île du Giglio sont très-renommés, parce qu'ils présentent de beaux groupes de cristaux de tourmaline mêlés avec des cristaux quartzeux limpides et transparens. Nous avons dit ci-dessus que le gneiss est la roche qui prédomine dans le nord de l'Europe, mais suivant le récent voyage de M.r Giesche dans le Groenland, qui a séjourné pendant cinq ans dans cette contrée lointaine, le gneiss manque entièrement entre le 70 degré de latitude et le 77.

monnoies dans l'intérieur des granits: mais dans un ouvrage imprimé en allemand, j'ai vu qu'on fait mention d'un échantillon de granit qui présente l'empreinte profonde d'un poisson, échantillon qu'on conserve dans le cabinet de M.r le Baron de Raknitz à Dresde; on y dit aussi que de pareils morceaux sont communs dans la Lusace supérieure. Bien que j'aie beaucoup d'estime pour le savant auteur de cet ouvrage, je crains qu'il n'ait équivoqué en donnant le nom de granit à un grès ou à quelques variétés de grauwake; en effet, on désigne ce granit par le nom de *régénéré et très-voisin du gneiss.* Si le granit est formé, comme cela paroît certain, par une cristallisation simultanée de ses parties, il serait difficile de concevoir comment il pourrait se régénérer. De la décomposition du granit, il résultera des sables, qui, susceptibles d'une nouvelle union, formeront des pierres sabloneuses, mais jamais de véritables granits, ni de roche dont les parties soient unies par la force d'une cristallisation contemporaine. On a encore parlé d'un morceau de granit trouvé par Hubel entre Wisbaden et Ilstein, contenant une coquille pétrifiée qui a été reconnue par Cartheuser; mais on doit faire attention que le granit dont on parle, n'est pas bien décrit; ce sera peut-être un de ces granits qu'on appelle régénérés, ou un granit semblable à ceux de Messine.

§ 201. La priorité d'origine assignée au granit, est démontrée non-seulement parce qu'il ne contient aucunes traces de corps organisés, mais encore parce qu'il est toujours placé au-dessous des autres roches qui appartiennent aux formations postérieures. C'est ce que les géologues regardent comme un principe confirmé par toutes les observations qui ont été faites dans l'ancien continent ; et quant au nouveau continent, on a le témoignage de Humboldt qui dans son *Tableau des régions équatoréales*, dit que dans l'Amérique méridionale, le granit constitue la base sur laquelle reposent les formations plus récentes . . . . et qu'il soutient la haute charpente des Andes ainsi que les formations secondaires des plaines. Pendant que cette opinion était regardée comme digne de figurer dans le petit nombre des vérités réellement démontrées en géologie, on publia dans le *Journal de physique de Paris* du mois d'octobre 1811, les observations du célèbre De Buch, qui a vu en Norvège, le porphyre formant de grandes montagnes, et superposé à un calcaire qui contient des pétrifications; au-dessus de ce porphyre, se présente une siénite presque entièrement composée de feld-spath à gros grains; et sur toutes ces diverses roches, s'appuie un granit tout-à-fait semblable dans sa composition à celui des montagnes les plus anciennes. On dit encore que dans les environs de Christiania, les

roches sont situées dans l'ordre suivant, en commençant par la partie supérieure, 1.° la siénite de Zircon comme la couche la plus élevée; 2.° sous cette couche on remarque le granit; 3.° le porphyre; 4.° le grès; 5.° le schiste siliceux; 6.° l'argile schisteuse compacte semblable à la grauwacke; 7.° l'argile schisteuse et le calcaire noir avec des orthocératites; 8.° le granit. L'auteur regarde comme probable que sous le granit, il y ait l'argile schisteuse et calcaire; mais il n'a pas été fait des observations décisives sur cet objet. Enfin comparoît le gneiss qui forme la roche générale primitive de tout le Nord. L'épidote ou le pistacite semble mêlé avec le porphyre de Christiania, et donne souvent la couleur verte au feld-spath. On y trouve encore répandu le sulfure de fer cubique et le fer oxydulé octaèdre. Les mêmes phénomènes ont été observés par M.r Hausmann, professeur de Gothingue, qui en a donné la description dans un Mémoire inséré au *Journal* de M.r le Baron de Moll; par Brongniart dans le département de la Manche (Voy. *Journal des mines*, février 1814.) et par Raumer et Bonnard dans le Hartz et dans les environs de Dresde. Dans la *Bibliothèque universelle de Genève*, tom., 1 pag. 163, il est dit que Bonnard avait antérieurement à l'an 1808, observé dans l'Erzgebirge, en Saxe, une formation de granit postérieure aux formations schisteuses, et même

à la formation organique. Les observations très-détaillées de ce naturaliste, sont rapportées dans l'intéressant *Essai géognostique sur l'Erzgebirge* publié en 1816. Enfin M.r Engelhardt dans le *Voyage au mont Caucase* publié en 1815, parlant de la superposition des roches dans le Terektal, fait voir qu'au-dessus d'un calcaire de transition, qui, à la vérité ne lui a pas offert de débris organiques dans les parties où il l'a observé, se présente un schiste qui alterne avec un porphyre; et qu'au-dessus de ces roches, sont placées des couches de gneiss et de siénite.

§ 202. J'ai certainement une estime toute particulière pour les lumières de M.r de Buch, qui a examiné les pays volcaniques de la France et de l'Italie, et qui connoît très-bien les roches granitiques des montagnes les plus anciennes: malgré cela, je suis porté à croire que les granits, les siénites et les porphyres de Christiania, superposés au calcaire coquillier, sont des roches volcaniques, des laves porphyroïdes et granitoïdes. Je n'ai garde de porter mon jugement sur les produits d'une contrée que je ne connois pas; je dirai seulement qu'en lisant dans le chap. 3, tom. 1 du *Voyage en Norvège et en Laponie*, l'exacte description que l'auteur précité fait des porphyres de Christiania superposés à un grès qui repose sur un calcaire de transition, la manière dont les filons de ce porphyre s'introduisent

dans le schiste, l'apparence poreuse et même cellulaire que présentent quelques couches de ce même porphyre, enfin l'inclinaison que la masse générale a vers la mer, tout cela n'a pu surmonter l'idée d'un courant de lave qui s'offrait sans cesse à mon esprit: et je me confirme encore plus dans cette idée, lorsque dans le chapitre 6 du tom. 2, où il est parlé une seconde fois de la géognosie des alentours de Christiania, je lis que l'auteur, après avoir examiné pendant long-temps et avec l'attention la plus réfléchie, les roches qui sont l'objet de son observation, se dit à lui-même: « *Suis-je en Italie ou en Auvergne?* » Puis décrivant ces roches, il ajoute « qu'elles se » convertissent en basaltes très-noirs, pesans, » chargés de pyroxènes verdâtres et brillans ... » que ce basalte est souvent boursouflé, poreux, » et dans les lieux où il se trouve en contact » avec d'autres couches de porphyre, fréquemment rouge et en forme de scories ... que le » spath calcaire blanc y est tantôt uni dans des » cellules arrondies, et que tantôt il remplit les » cavités allongées. Ces cavités sont quelquefois » tapissées de cristaux de quartz. » Je m'écarterais trop de mon sujet, si j'établissais un parallèle entre les caractères observés par De Buch dans les roches de Christiania, et les caractères des véritables laves volcaniques qui couvrent le sol des contrées de l'Italie et de l'Auvergne auxquelles

on a donné le nom de basaltiques. Pour ce qui est des autres auteurs que j'ai cités dans le § précédent, d'après les descriptions qu'ils ont données de ces nouveaux granits, il paroît que ces mêmes granits appartiennent aux roches appelées siénitiques, et qu'ils sont principalement composés de feld-spath et d'amphibole: mais j'aurai bientôt occasion de prouver que les laves chargées de feld-spath, sont très-communes. Personne ne voudra douter de l'origine des laves de l'île d'Ischia, dont quelques-unes contiennent tant de feld-spaths, que ceux-ci composent la majeure partie de la masse. Il n'est pas aussi moins commun de voir les amphiboles dans les anciennes laves du Vésuve. Faujas dans la classification des produits volcaniques, 5.e classe, section 5.e, parle de laves qui contiennent des amphiboles et des feld-spaths; dans la section 6.e, de laves où l'on ne remarque que des amphiboles; et dans la 7.e, de laves avec des amphiboles granulaires. Peut-être quelquefois aura-t-on équivoqué, en donnant le nom d'amphiboles à des cristaux de pyroxène; mais Cordier qui a examiné avec tant de soin, les minéraux cristallisés des roches volcaniques, n'en exclud point l'amphibole quoiqu'il dise l'y avoir rarement vue; et il décrit les courans de lave de l'Auvergne, dans lesquels il a observé la même substance. Au surplus si l'on voulait méconnoître absolument l'origine

volcanique de ces roches cristallisées, superposées à des substances pierreuses qui présentent des empreintes de corps organiques, il ne serait pas difficile de rendre raison de ce phénomène, comme on le verra bientôt lorsque nous traiterons de la diminution progressive de la force de cristallisation.

§ 203. Quoique le granit paroisse être la roche la plus ancienne de toutes celles qui forment la superficie de la terre, il est problable qu'il y a dans l'intérieur d'autres roches que nous ne connoissons pas, et qui sont placées au-dessous des granits, roches qu'il faudra encore ranger dans la classe de celles à qui l'on a donné le nom de *primitives*, puisqu'étant plus anciennes que les granits eux-mêmes, elles auront dû être les premières à se consolider. Ce sont les volcans qui ont donné lieu à cette conjecture: ceux de l'Auvergne, du Vivarais et des îles Éoliennes (1), se sont formés dans les terrains granitiques. Les granits ne contiennent point de fer ou du moins n'en contiennent pas en quantité notable (2);

(1) Humboldt en examinant les sables quartzeux de la Gracieuse, île volcanique et l'une des Canaries, a conjecturé que même dans ces îles, aussi bien que dans l'Auvergne et dans les Andes de Quito, les feux volcaniques se sont ouvert un passage à travers les roches primitives (Voy. *Relation du voyage*, tom. 1, pag. 90).

(2) Cela ne doit s'entendre que des vrais granits, parce que si le granit contenait en quantité considérable, l'amphibole ou

et dans les laves des volcans dont nous venons de parler, ainsi que dans celles de tous les autres, la quantité du fer est de 15 à 20 pour $\frac{0}{0}$. En outre les laves renferment tantôt des olivines, tantôt des amphygènes, tantôt des pyroxènes, etc., qui souvent ne sont qu'enveloppés sans avoir été altérés par l'action du feu; d'où l'on pourrait déduire que ces substances ont été arrachées des couches pierreuses qui les renfermaient, et comme on ne les trouve pas, du moins communément, dans les roches primitives jusqu'à présent connues, on est forcé de dire que les roches dans lesquelles ou sous lesquelles s'est allumé le feu des volcans, étaient différentes du granit qui leur était superposé.

---

disséminée ou en couches interposées, comme dans cette subs- …e l'oxide de fer se trouve jusqu'à un 30.e pour $\frac{0}{0}$, il pourrait fournir aux laves une quantité plus que suffisante.

CHAPITRE XXXIII.

Examen de l'hypothèse de la formation du granit par une cristallisation aqueuse.

§ 204. Le granit étant composé de parties plus ou moins cristallisées et unies par une adhérence réciproque, sans aucun ciment, on ne peut concevoir sa formation que par le moyen d'une cristallisation simultanée des ses élémens. Il ne paroît pas qu'une pareille cristallisation ait pu être aqueuse ; et je me flatte d'avoir suffisamment démontré l'invraisemblance de l'hypothèse que la matière terrestre ait été ou dissoute ou suspendue dans un fluide aqueux. Dans la distribution même des parties du granit, on voit quee leur gravité spécifique n'a exercé aucune influence, ce qui a eu encore lieu dans la production des gneiss et des autres roches composées. Mais si ces roches étaient le produit d'une précipitation aqueuse, les diverses gravités spécifiques auraient nécessairement influé sur la distribution des parties ; elles auraient imprimé à celles-ci un caractère que l'on ne peut y reconnoître.

§ 205. Les défenseurs des dissolutions et des précipitations aqueuses mettent leur esprit à la

torture pour expliquer la formation des granits selon leur système. Mon respectable ami, M.r De Faujas, voudra bien me pardonner si je le cite ici à l'appui de mon opinion. Qu'Homère, Virgile et Ovide aient appelé l'océan le père de toutes choses, c'est une expression qui indique que le neptunisme était un des systèmes cosmologiques des anciens. Mais quelle idée pourrons-nous nous former d'un fluide aqueux assez actif *pour dissoudre d'immenses amas de matières diverses, et étendre simultanément son action sur tous leurs élémens?* Ce fluide, dit M.r De Faujas, était l'eau de la mer dont l'énergie se trouvait accrue par tous les gaz que la terre renferme, par le calorique porté à un très-haut point d'activité, et par une pression atmosphérique cent fois plus forte que celle d'aprésent (Voy. *Essais de géologie*, tom. 2, part. 1, pag. 142 et suivante, où M.r De Faujas expose quelques *vues générales sur les roches granitiques*). Mais quel était le principe de cette pression atmosphérique si grande? Si l'on n'a pas recours à l'hypothèse que j'ai proposée, quelle était la source de ce calorique à une époque où les corps terrestres n'étaient pas encore consolidés? Si les roches primitives ont été les premières à se solidifier, il est bien évident qu'il n'existait avant elles aucune substance ni pierreuse, ni métallique, ni bitumineuse; et que par conséquent notre globe aurait dû être

Digitized by Google

une masse d'eau qui tenait en dissolution toute la matière terrestre et les élémens des corps futurs.

§ 206. Saussure dans la description qu'il fait des granits de Sémur, en France, dit que la roche du granit sur laquelle cette ville a été bâtie, se divise naturellement en grandes masses terminées par des côtés plans, et que ces masses sont partagées çà et là, par des crevasses d'une certaine largeur. Il a trouvé dans ces crevasses des amas de quartz, de feld-spath et de mica mêlés comme dans le granit, mais en grains beaucoup plus gros. Ces amas étaient composés de fragmens de quartz presque transparent, d'un à deux pouces de grosseur, traversés par des feuilles de mica si grandes qu'on pouvait leur donner le nom de talc ou verre de Moscovie; et le tout était entremêlé de gros morceaux de feld-spath rouge semblable à celui du même granit, et confusément cristallisé. En voyant de pareils amas de gros cristaux, on ne pouvait pas douter, dit Saussure, qu'ils ne fussent l'ouvrage des eaux pluviales qui, en passant à travers le granit, en avait dissout, charrié et déposé les divers élémens dans ces larges crevasses où ils s'étaient cristallisés et avaient formé de nouvelles pierres du même genre. Les cristaux de ces nouveaux granits sont plus grands que ceux des anciens granits, vu le repos dont les eaux avaient joui dans l'intérieur de ces réceptacles.

§ 207. Un granit formé *sans doute* par l'action de l'eau, me semble un fait géologique très-intéressant, et la description de ce phénomène faite par un auteur aussi distingué que Saussure, excita tellement ma curiosité, qu'étant en France, je voulus visiter les granits de Sémur. J'avais peine à me persuader que les eaux pluviales eussent pu former ces granits à gros grains : en effet, comment imaginer que l'eau en pénétrant dans une fente, y transporte les élémens du granit mêlés et confondus ensemble, et qu'ensuite ces élémens se séparent pour former les uns des quartz, les autres des feld-spaths et des micas? Du transport et de la déposition de ces diverses matières, il devrait tout au plus résulter un grès ou une pierre arénaire. Il semble que Saussure conçoit ces cavités comme remplies d'une eau qui contenait les substances dont le granit est composé : mais si ces élémens se sont unis dans une cristallisation presque régulière, il fallait qu'il y eût une assez grande quantité d'eau pour pouvoir les tenir quelque temps en dissolution ou au moins en état de suspension. Cependant comment l'eau pluviale a-t-elle pu s'arrêter et séjourner pendant un intervalle de temps assez considérable dans ces fentes d'où elle aurait dû sortir très-promptement? En outre, la cristallisation des substances n'aurait pu occuper tout l'espace des cavités, car il est bien reconnu

qu'on ne saurait obtenir une cristallisation régulière qui remplisse entièrement le vide d'un récipient, puisqu'il y doit toujours rester l'espace qui était occupé par le fluide dans lequel la cristallisation a eu lieu.

§ 208. Ces difficultés me parurent s'accroître, lorsque j'examinai la roche granitique de Sémur. Elle présente en quelques endroits des parties dans lesquelles les composans du granit sont plus grands que de coutume, phénomène qui n'est pas rare dans cette roche. Mais ces masses ne gisent pas toujours dans les fentes; elles sont souvent des parties intégrantes de la roche avec laquelle on les voit tellement unies, qu'elles forment un tout, sans aucun interstice, et sans qu'on y aperçoive aucune ligne de démarcation: et certes il en serait tout autrement si les parties s'étaient cristallisées à des époques différentes (1). J'ai vu quelques-unes de ces mêmes masses dans les parties les plus élevées de la roche, où les eaux pluviales ne pouvaient ni transporter, ni déposer les molécules quartzeuses et feld-spathiques. De là, il me paroît plus vraisemblable de penser que quand cette roche s'est consolidée en passant de l'état de fluidité à celui de solidité, quelques parties se sont unies dans une

(1) On pourrait, suivant le langage de quelques écoles modernes, donner à ces granits, le nom de granits de structure porphyritique en grand. Nous parlerons bientôt de cette structure.

cristallisation plus volumineuse par un concours plus considérable des élémens; que si ces granits à gros grains se trouvent très-souvent près des fentes, cela peut être attribué à la moindre force de cohésion qu'ils avoient avec le restant de la masse, de laquelle ils diffèrent par la grosseur de leurs grains; d'où il doit résulter que l'action des forces décomposantes, quelles qu'elles soient, comme l'eau, la glace, l'air, le soleil, etc., trouve dans ces endroits une moindre résistance, puisque si l'on observe bien ces fentes, on ne tardera pas à reconnoître qu'elles sont l'effet de la décomposition.

Digitized by Google

CHAPITRE XXXIV.

Le granit peut avoir participé à la fluidité ignée.

§ 209. La formation des granits au moyen d'une cristallisation ou précipitation opérée dans l'eau, non-seulement ne me paroît fondée sur aucune observation positive, mais je la crois encore sujette à de graves difficultés. L'opinion que ces granits ont jadis participé à la fluidité ignée, et qu'ils se sont cristallisés et consolidés par le refroidissement, sera-t-elle aussi étrange, aussi invraisemblable et aussi absurde que le prétendent quelques géologues ? Ce n'est pas sur l'autorité que je prétends fonder mon opinion ; mais si cette opinion n'avait pour elle aucune sorte de probabilité, un géologue aussi expérimenté que Pallas (Voy. son *Mémoire sur la formation des montagnes*), aurait-il écrit que le granit en général paroît avoir été en état de fusion et être une production du feu ? Un autre géologue non moins célèbre, Hutton (Voy. *Bibl. brit.*, tom. 7, pag. 250), en rapportant diverses observations faites dans quelques endroits de l'Écosse, aurait-il assuré que le granit a coulé dans l'état de fluidité après avoir été précédemment fondu dans les entrailles de la terre? Hutton n'est

pas le seul minéralogiste anglais qui a soutenu cette opinion; Beddoès l'a encore adoptée dans ses *Observations sur le basalte et sur le granit* (Voy. les *Transact. philosophiques* de 1791). J'ose croire que le lecteur sera bien aise de connoître quelques-unes des principales propositions que j'ai extraites d'un ouvrage qui a mérité d'être présenté à la Société royale de Londres par l'illustre Banks. Beddoës pense donc que l'origine des basaltes considérée comme l'effet d'une fusion souterraine, a été parfaitement établie par beaucoup de géologues, malgré les objections de Werner et les faits que cet auteur rapporte, faits dont aucun ne peut être regardé comme décisif. Il établit ensuite que le basalte est tellement uni au porphyre et au granit, qu'il n'est pas toujours aisé de reconnoître soit le rapprochement respectif de ces roches, soit leur passage de l'une à l'autre; et il prouve la justesse de cette opinion, par beaucoup d'observations faites sur le *pavé des Géans* en Irlande, dans la comté d'Antrim, sur quelques roches de l'Écosse, dans la Saxe, dans les monts Euganéens et dans d'autres parties du globe. De là, il conclud qu'un mélange de terres différentes avec plus ou moins de matière métallique, en repassant de l'état de fusion à une consistance solide, peut prendre quelque fois la structure homogène basaltique, et d'autres fois la structure hétérogène granitique.

Nous nous laisserions séduire, dit-il, par une analogie trop rigoureuse, si parce qu'à l'aide de nos procédés de vitrification, on obtient de matières hétérogènes un produit homogène, nous pensions pouvoir conclure que de la fusion ne saurait résulter un produit hétérogène dans d'autres circonstances, et que le feu confond inséparablement tout ce qu'il a une fois réduit à une pâte liquide et uniforme. Comme nous aurons bientôt occasion de discuter plus particulièrement cet objet essentiel, nous nous bornerons pour le présent à observer que l'origine du granit par la voie humide, n'est pas une chose si évidente que ce soit un paradoxe géologique de soutenir le contraire, et l'on peut dire que sur ce point de théorie comme sur plusieurs autres, il s'est introduit un certain système d'intolérance qui ne concorde ni avec l'esprit, ni avec les lumières du siècle. Je n'embrasserai certainement pas cette idée de Hutton, que le granit fondu par les feux souterrains a rompu les roches feuilletées, et a coulé ainsi qu'une lave en s'étendant sur elles, et en s'insinuant dans leurs fentes: je dirai seulement que je ne vois point d'invraisemblance à concevoir le granit en fusion par le moyen d'une fluidité ignée, et ensuite cristallisé et consolidé par le refroidissement.

§ 210. Dolomieu connoissait certainement le granit, et quoiqu'il eût embrassé le système des

précipitations et des dissolutions aqueuses, il n'a pas hésité dans plusieurs endroits de ses ouvrages, à comparer au granit beaucoup de roches évidemment produites par le feu. Dans son *Voyage aux îles Lipari*, pag. 83, il fait la description d'un granit composé de trois élémens, savoir, de quartz, de feld-spath et de mica noir, en lames hexagones, incorporé dans des pierres ponces pesantes dont il était une partie intégrante. Dans son *Mémoire sur les îles Ponces*, pag. 30, il fait mention de quelques laves de l'île d'Ischia et les caractérise par cette expression, *presque granitiques;* et à la pag. 89, en décrivant les laves blanches de la même île, il dit qu'on reconnoît dans ces laves le quartz en grains, le mica noir écailleux et le feld-spath plus ou moins pur. Les deux premières substances y sont ordinairement dans leur état naturel.

§ 2M. M.r De Faujas dans son *Système minéralogique des volcans* imprimé en 1809, a exclu la dénomination de lave *granitique*, et a substitué celle de lave *granitoïde*, parce qu'il prétend avoir observé que le quartz manque dans les laves auxquelles on appliquait ce nom; et qu'il a reconnu que la substance qu'on avait prise pour le quartz, est un feld-spath dur, transparent, brillant, qui ne résiste point au chalumeau. Cependant il convient de bonne foi que cette observation peut être sujette à quelques exceptions.

Nous aurons occasion de parler ailleurs des laves qui contiennent le quartz même en abondance. Parmi les objets qui méritent d'être pris en considération, on peut compter les quatorze variétés de laves granitoïdes décrites par M.r De Faujas, et spécialement la onzième qui contient du titane-siliceo-calcaire, substance qu'on trouve ordinairement dans les granits.

§ 212. On dira peut-être que les laves granitiques ou granitoïdes ont été produites par la fusion des granits primitifs; mais si le feu en fondant les granits primitifs, reproduit une roche qui leur est semblable, n'est-il pas naturel de penser que les granits primitifs ont été aussi formés par le concours du feu? Je le répéterai jusqu'à ce qu'on me démontre que je suis dans l'erreur; nous voyons parfois sortir des volcans, quelques roches semblables aux granits et aux porphyres; personne n'a jamais observé que quelqu'une de ces sortes de roches, se soit formée dans l'eau: en admettant l'action du feu, nous pouvons facilement rendre raison des phénomènes géologiques qui se rapportent à l'état primitif du globe, tandis que dans l'hypothèse des dissolutions et des précipitations, nous trouvons à chaque pas des écueils inévitables; dès-lors n'est il pas plus probable que l'état primitif de la terre fût déterminé par la coopération du feu? Ce n'est pas que je prétende que notre

globe ait été un immense volcan ou une agrégation de plusieurs volcans : une idée aussi étrange n'est jamais entrée dans mon esprit : et je me flatte d'avoir assez clairement énoncé dans les chapitres précédens, la manière dont on peut concevoir la combustion générale de la matière et son refroidissement.

§ 213. Le basalte appelé *égyptien*, contient fréquemment des parties granitiques ainsi qu'on l'observe dans divers monumens antiques. Nous pouvons citer pour exemple, les deux lions qui ornent à Rome la base du Capitole. On voit dans l'un et l'autre des veines et des parties de vrai granit. Ferber parlant du mélange du granit avec le basalte dans ces deux figures, remarque que les bandes granitiques sont unies à la pierre sans aucune séparation, non comme les cailloux dans les brèches, ni comme d'anciennes fentes depuis remplies par le granit, mais exactement comme si le basalte et le granit eussent été dans un état de mollesse, et se fussent ainsi incorporés ensemble, ce qui concorde avec ce qui a été écrit par Beddoës relativement à l'union de ces deux substances (Voy. § 209). Il y a lieu de croire que le basalte égyptien est une production volcanique, puisqu'il provenait des montagnes de l'Éthiopie, qui, selon Pline, étaient encore le pays natal du verre obsidien dont l'origine ne saurait, ce

semble, être révoquée en doute. On pourrait ajouter encore que souvent les lapidaires et les artistes romains ayant à restaurer quelque monument antique formé de la pierre qu'ils appellent basalte égyptien, se servent de quelqu'une des variétés de la pierre qu'on nomme *selce romano,* ce qui prouve qu'il y a une grande ressemblance entre ces deux substances pierreuses; et comme presque tous les lithologues reconnoissent l'origine volcanique du *selce romano*, il est très-probable qu'on doit assigner la même origine au basalte égyptien. Beaucoup de naturalistes soutiennent que le basalte égyptien est une roche amphibolique ou siénitique qui n'a rien de commun avec les produits volcaniques. Pour décider cette question il faudrait connoître le gisement du basalte égyptien, et j'ignore s'il a été fait sur cet objet des observations assez exactes (1). Il serait bien difficile de résoudre un

(1) La seule indication que je connoisse à cet égard, est celle qu'on trouve dans le Mémoire de M.r Cordier sur les *Substances minérales dites en masse*, où il dit, pag. 32, que M.r De Rozières en a exactement constaté le gisement près des cataractes du Nil: mais si ce gisement était associé à celui du verre obsidien, l'origine volcanique de cette pierre acquerrait un nouveau degré de probabilité. Pline, l. 36, chap. VII, dit: *Invenit Ægyptus in Æthiopia, quem vocant basalten*; et dans le même livre, chap. XXVI, il ajoute: *In genere vitri et obsidiana numerantur, ad similitudinem lapidis quem in Æthiopia invenit Obsidius, nigerrimi coloris, aliquando et translucidi.*

pareil problême par le seul examen des caractères extérieurs et des principes chimiques. Mais cette substance pierreuse dont nous parlerons ailleurs, ne fut-elle qu'une roche amphibolique et qu'une roche primitive, il faudra toujours la considérer comme étant d'une formation contemporaine et analogue à celle du granit avec lequel elle est tellement unie, que quelquefois l'une forme une partie intégrante de l'autre; et si tous les genres de probabilité nous induisent à penser que le granit a participé à la fluidité ignée, on en devra dire tout autant de la roche amphibolique.

§ 214. Une pierre qui a beaucoup de célébrité en lithologie, c'est la roche granitique à laquelle on a donné le nom de granit *graphique* ou *hébraïque* (pegmatite d'Haüy), parce que, lorsqu'elle est sciée, on y aperçoit des lignes qui forment des poligones et rappellent l'idée d'une écriture orientale. Hutton a fait connoître cette roche de l'Écosse bien digne d'exciter l'attention des curieux: puis M.r Patrin l'a vue en Sibérie où elle forme les parois d'un filon de topazes. Besson l'a aussi découverte en Corse; Bailly sur les côtes de la Nouvelle Hollande; M.r De Rozières en Égypte; et enfin on la trouve en France, dans le département du Tarn. Dans toutes les variétés du granit graphyque, le feldspath et le quartz se sont pénétrés réciproquement; mais dans quelques-unes, la forme des

caractères est déterminée par la cristallisation du quartz, et c'est à cause de cela que les figures se réduisent à des hexagones, en suppléant par l'imagination au défaut de quelque côté. Dans d'autres variétés, a prédominé la cristallisation rhomboïdale du feld-spath, laquelle a influé sur la forme que le quartz a prise. Cette cristallisation de deux substances insolubles dans l'eau, se pénétrant tour à tour, et se modifiant réciproquement dans la figure qui convient à chacune d'elles, selon leur nature, est très-différente de la cristallisation des sels qui s'opère dans l'eau, et semble bien plutôt appartenir aux corps qui d'une fusion ignée passant à un état de solidité, se sont cristallisés à mesure qu'ils se sont refroidis.

§ 215. On objectera peut-être qu'il y a diverses substances composées, évidemment produites par la voie humide, dans lesquelles la forme de cristallisation d'un des composans a déterminé celle du composé. Dans le grès calcaire quartzeux de Fontainebleau, la partie calcaire forme environ un tiers de la masse ; et cependant elle s'est tellement emparée de la cristallisation, pour me servir de l'expression de M.r Haüy, qu'elle a encore entraîné la partie siliceuse qui est la prédominante ; en sorte que le composé a la forme d'un rhomboïde inverse, semblable à celle d'une variété de spath calcaire. Mais dans cet exemple

et dans bien d'autres qu'on pourrait citer, il n'y a qu'un mélange de terres, tandis que dans le granit graphique, on trouve deux corps solides qui se pénètrent mutuellement et sont contenus l'un dans l'autre ; d'où résulte une très-grande probabilité qu'ils ne se sont point cristallisés comme les sels par l'effet d'une solution aqueuse, mais qu'ils se sont durcis simultanément en passant de l'état de fluidité ou de mollesse à celui de solidité.

§ 216. Observons enfin que les analyses chimiques démontrent non-seulement la présence, mais encore l'abondance des substances alcalines dans quelques parties des granits et des roches primitives. Il y a des feld-spaths qui contiennent jusqu'à un 14 pour % de potasse. Dans quelques micas, Klaproth a trouvé 8 : 75 du même alcali, dans d'autres 10, et même 13 pour %. La soude se fait encore remarquer dans quelques roches primitives. La chaux, et quelquefois même la barite et la strontiane, terres que la chimie moderne a assimilées aux alcalis, existent dans les granits, dans les porphyres et dans les autres roches de formation primitive. Dans la première période de la consolidation du globe, il devait donc y avoir une très-grande production de substances alcalines (Voy. § 97), qui s'unirent à quelques parties des roches qui se formaient. Maintenant qu'on réfléchisse, 1.° que la

combustion contribue principalement à la production des alcalis que nous retirons des substances végétales, et qui n'existaient pas antérieurement à cette opération ; 2.° que les alcalis se trouvent fréquemment dans les substances pierreuses qui ont subi l'action des feux volcaniques, ainsi qu'on le verra lorsque nous discuterons cet objet. Comment pourrions-nous donc manquer de motifs pour conjecturer que le feu a contribué à la première production des matières alcalines, et que les roches qui les contiennent sont l'ouvrage du feu, quoiqu'elles aient été les premières à se consolider dans notre planète ? Si les substances alcalines sont, comme cela paroît très-probable, des oxides métalliques, on pourra facilement expliquer leur formation lors de la première existence du globe : à cette époque tous les élémens étant confondus, ces bases métalliques purent se trouver en contact avec les particules de l'oxigène, et rester enveloppées dans les substances qui se consolidaient, et avec lesquelles elles avaient une plus grande affinité.

CHAPITRE XXXV.

Première difficulté proposée contre l'origine ignée des granits, déduite des vitrifications par le feu

§ 217. L'effet que produit le feu répandu dans une masse de substances hétérogènes, c'est de fondre, de vitrifier, d'assimiler ces substances, et de les réduire à une matière vitrense et homogène du moins en apparence. Ainsi nous voyons que plusieurs substances mêlées ensemble dans une fusion générale, s'unissent de manière qu'on ne peut plus distinguer l'une de l'autre.

Cette objection qui au premier aspect semble très-forte, fait naître deux doutes; et d'abord les diverses substances qu'on suppose participer à une fusion commune, s'unissent-elles et se confondent-elles toujours en s'amalgamant dans une masse homogène en apparence, comme cela arrive par rapport au cristal dans lequel se confondent ensemble les matières terreuses, salines et les oxydes métalliques? Ensuite de la fusion des corps, résulte-t-il toujours la formation du verre ou de substances qui aient les caractères extérieurs de la pierre?

§ 218. En répondant au premier doute, je ne puis me dispenser de rapporter les observations

faites par Saussure sur la fusion des granits et des porphyres. Il mit dans un creuset quelques fragmens d'un granit composé de quartz, de mica et de feld-spath, lesquels après avoir subi l'action du feu, se trouvèrent unis et déprimés; ils remplirent le fond du creuset, et la superficie de la matière fondue était concave et brillante. En rompant cette matière vitreuse, on y reconnoissait distinctement les trois élémens du granit, savoir, le mica fondu en un verre brun verdâtre, parsemé de bulles; le feld-spath réduit en un verre transparent et sans couleur, rempli de bulles visibles seulement à la loupe, et dur au point de couper le verre et de faire feu au briquet; le quartz enfin conservé intact même dans ses plus petites parties, ayant seulement perdu sa transparence par une quantité infinie de gerçures. La fusion du granit ne forme donc pas une pâte homogène. Saussure répéta l'expérience avec un autre granit, et il eut le même résultat. Il voulut examiner ce qui arriverait en fondant une roche composée seulement de deux substances, savoir, de quartz et de schorl (1),

(1) Amphibole d'Haüy, hornblende des Allemands. Quand Saussure écrivait le volume où il rapporte les expériences dont il s'agit ici, le terme vague et indéterminé de *schorl*, qui s'appliquait à tant de substances différentes par leurs caractères physiques, chimiques et géométriques, régnait encore dans la minéralogie. La facilité avec laquelle l'amphibole se fond en un

et il obtint un verre cellulaire semé de particules blanches quartzeuses. Le quartz s'était donc réduit en petites parties, qui, disséminées dans la pâte du verre formé par la fusion de l'amphibole, ne s'étaient point assimilées avec elle. Alors Saussure porta ses expériences sur la fusion de cinq espèces de porphyres, et il obtint toujours des vitrifications dans lesquelles on reconnoissait distinctement les différentes parties : quelquefois le verre du feld-spath se plaçait à la superficie, et le reste de la masse se composait du verre qui résultait de la fusion de la base de la pierre ; d'autres fois les parties siliceuses feld-spathiques étaient enveloppées dans le verre produit par la base du porphyre, mais elles étaient toujours distinctes et reconnoissables. On peut voir ce que Saussure a écrit sur ce sujet dans le § 174 et suiv. du *Voyage dans les Alpes.*

§ 219. Les mêmes expériences, mais par une autre méthode et sous un point de vue différent, furent répétées en 1808, par De Drée (Voy. *Journal des mines*, n.° 139). Quelques-uns des phénomènes qui en résultèrent, furent, 1.° que les substances dont se compose le granit, bien que converties en verre par la fusion, et

---

émail noir, donne lieu de croire que la roche sur laquelle Saussure fit ses expériences, était composée de quartz et d'amphibole ou même de tourmaline également fusible. Ces substances pierreuses sont communes dans les Alpes.

tourmentées par le boursoufflement, ne se mêlèrent pas ; 2.° que la pâte des porphyres se fondit en verre sans que les cristaux de feld-spath s'altérassent sensiblement; 3.° que la poudre très-fine des porphyres retourna à l'état pierreux, et qu'on y reconnoissait quelques petites lames changeantes qui indiquaient les élémens de quelques parties feld-spatiques. Ces observations démontrent que les parties dont les granits et les porphyres se composent, peuvent participer à une fusion commune sans s'unir en une masse homogène et uniforme, ou en se séparant tour à tour dans la période de leur refroidissement, ce qui concorde avec les observations de Beddoës rapportées au § 209. Je ne dois pas passer sous silence une belle observation faite par M.r Cordier. Ce savant naturaliste, après un travail aussi constant que pénible, étant venu à bout de faire, je dirai presque l'analyse mécanique de la pâte des laves, s'est convaincu que la matière dont elles sont formées, se cristallise en entier par le refroidissement, et se change en une infinité de très-petits cristaux ou grains entrelacés comme dans le granit ordinaire. A l'aide de beaucoup d'expériences comparatives, et d'un examen réfléchi des caractères externes et des propriétés physiques et chimiques de ces petits cristaux, il a déterminé leurs espèces qui sont le feld-spath, le pyroxène, l'amphigène, le péridot, l'amphibole,

le mica, le fer titané et le fer oligiste. La pâte de toute lave peut être considérée comme un granit qui est le produit de l'association de trois ou tout au plus de quatre de ces substances sous la forme de cristaux petits et microscopiques (Voy. *Mémoire sur les substances minérales dites en masse qui entrent dans la composition des roches volcaniques* par M.r Cordier).

§ 220. Aux alentours des volcans actifs, nous avons de fréquens exemples de substances qui ayant participé à une fusion commune, se sont trouvées séparées et distinctes après le refroidissement. Le courant de lave qui sortit du Vésuve en 1794, et qui couvrit une partie considérable du pays de la *Torre del Greco*, nous a fourni des phénomènes très-précieux relativement à l'objet de nos recherches, phénomènes que je publiai dans la *Topographie physique de la Campanie* imprimée en 1798, et qui furent ensuite confirmés par Dolomieu et par d'autres naturalistes. Les excavations que l'on fit dans cette lave, lorsqu'elle fut refroidie au moins à la superficie, pour reconstruire les habitations, qui, peu de mois auparavant, avaient été détruites par le feu, offrirent beaucoup d'objets domestiques abandonnés par les malheureux habitans dans leur fuite, et qui avaient été enveloppés par la lave. On trouva des morceaux de fer et de plomb minéralisés et réduits à l'état de sulfures. Dans

quelques fragmens de métal de cloche, on remarqua quelques parties régulièrement cristallisées, et dans quelques ustensiles de laiton, on vit le cuivre séparé du zinc. Dans la riche collection des minéraux de Thomson, on conservait beaucoup de ces échantillons, et entr'autres, un morceau très-singulier de laiton dans lequel les métaux dont il se compose, minéralisés par la lave, se sont cristallisés séparément, le zinc en cristaux petits et groupés dont on ne saurait déterminer la forme; puis le cuivre cristallisé tantôt en prismes tétraèdes formés par une série de cristaux octaèdres appliqués les uns sur les autres et terminés en octaèdres parfaits, tandis que quelques-uns font saillie en dehors par les côtés; tantôt en lames qui ont la forme de feuilles de fougère. Cette cristallisation était si belle et si décidée, que l'auteur précité la fit graver de grandeur presque naturelle, et nous croyons que le lecteur sera bien aise de la voir reproduite dans la planche *B*, fig. 2 et 3. On ne peut concevoir de telles modifications dans la substance de ce corps, sans une vraie fluidité produite par la chaleur de la lave, et malgré cette fluidité les élémens de ce même corps ne sont pas restés confondus ensemble, ils ne se sont même pas mêlés avec la matière fluide de la lave avec laquelle ils étaient en contact immédiat. Nous savons encore qu'un minéralogiste danois, M.r Ratske,

Digitized by Google

a trouvé le plomb natif [1] dans les laves de l'île de Madère, et que ce plomb a été classifié par M.r Haüy, sous le nom de plomb natif volcanique amorphe en masses contournées. Nous avons donc quelques exemples de substances qui ont participé à une fusion commune aux autres avec lesquelles elles étaient en contact, sans s'être unies en un composé visiblement homogène ou qui, dans le refroidissement, se sont séparées des autres parties de la masse. Comme la conséquence de ces deux opinions est la même, il est indifférent de choisir l'une ou l'aûtre. Examinons maintenant le second doute, c'est-à-dire, si de la fusion des substances terreuses, il doit toujours résulter du verre?

§ 221. Cela arrive certainement dans les fusions ordinaires et communes; mais les phénomènes que présente le feu, dans une petite quantité de matière, qui ne comprend qu'un petit nombre de

---

(1) On a parlé encore d'un plomb tant *natif*, qu'oxydé, trouvé dans un morceau erratique de lave poreuse aux environs de Cassel (Voy. *Annales de Moll*, tom. 5). Mais Woigt dévoila l'origine de cette équivoque. Le chemin avait été pavé avec des pierres provenant de la démolition des fourneaux d'une fonderie de plomb où l'on avait la mauvaise coutume de fondre le minérai dans des récipiens de lave poreuse. Il paroît qu'on n'a pas à craindre de tomber dans une pareille équivoque relativement au plomb dont parlent Ratske et Haüy, et qui dut avoir pour origine quelque masse de plomb, laquelle enveloppée par la lave, se fondit sans se mêler avec cette lave.

substances hétérogènes, n'ont aucune ressemblance avec ceux que le calorique dut produire dans une masse immense comme celle du globe, et sur une quantité de substances de diverse nature, aussi prodigieuse que celle dont se composait cette masse. Les phénomènes du refroidissement doivent encore différer entr'eux en raison de la disparité des masses. Comme nous aurons occasion de revenir sur cet objet, nous nous contenterons d'observer ici que des fusions, il peut résulter quelquefois au lieu de verre, de la pierre, soit à cause d'un changement opéré dans la constitution physique du corps par un refroidissement très-lent, soit parce qu'il y a des fusions d'une nature différente de celles qui produisent le verre. La liquéfaction ignée et la fusion vitreuse, observe M.r De Drée, à l'endroit précédemment cité, sont deux opérations bien distinctes. Dans la liquéfaction ignée, la chaleur détruit la cohésion des substances sans changer leur nature; dans la fusion vitreuse au contraire toutes les substances composantes sont dissoutes pour former le verre, matière en apparence homogène, qui n'a plus aucun rapport avec les substances primitives. Lorsque l'action du feu se dirige sur une petite masse composée d'élémens différens, pendant un court espace de temps et au contact libre de l'air, ainsi que cela arrive dans nos laboratoires, on obtient toujours le

verre, de la fusion des substances terreuses, parce qu'il s'opère diverses décompositions et combinaisons : mais il en est tout autrement dans les grandes opérations de la nature ; au lieu d'une fusion vitreuse, il se fait une liquéfaction ignée.

§ 222. S'il y a un phénomène qui puisse nous donner une idée approximative bien que très-imparfaite de la manière avec laquelle le calorique agit dans la fusion générale du globe, c'est celui de la formation des laves volcaniques. Ces masses qui, quoiqu'elles nous paroissent si grandes et qu'elles se répandent sur une étendue de plusieurs milles, comparées aux grandes chaînes des montagnes primitives, sont des quantités infiniment petites ; ces masses, dis-je, participent à une telle fluidité qu'elles obéissent aux lois des fluides, et que par conséquent elles doivent être animées par une très-grande quantité de chaleur. Malgré cela, quand par le refroidissement, elles passent de l'état de liquéfaction ignée à celui de solidité, loin de fournir du verre, elles produisent des roches si analogues aux nôtres, que les lithologues les plus expérimentés les ont classifiées sous la dénomination de porphyriques, granitiques, siliceuses, litoïdées, etc. Un lithologue qui examine un courant de lave refroidie du Vésuve ou de l'Etna, pourra choisir à volonté dans la partie la plus interne,

des échantillons d'une roche compacte, sans aucun indice de pores, et qui aura le grain tantôt cristallin ou saccharin, tantôt terreux; d'autres fois fin et uni comme celui du petro-silex. Que celui qui ne peut pas se transporter sur les lieux mêmes, lise les descriptions détaillées faites par Dolomieu dans le *Catalogue raisonné des laves de l'Etna et des îles Ponces;* par Mr Gioeni dans la *Lithologie vésuvienne;* et par M.^r De Faujas dans la *Classification des produits volcaniques.*

§ 223. Il paroît donc que dans les corps fondus par l'action de la chaleur, outre l'état de fluidité vitreuse, il peut y en avoir un autre que j'appellerai *fluidité pierreuse*, et qui correspondra à la liquéfaction ignée de De Drée. Cela pourrait dépendre ou des modifications que la chaleur reçoit lorsqu'elle agit daus les entrailles de la terre loin du contact libre de l'air, et que sa force expansive est comprimée par le poids d'une immense masse de matière; ou de son action plus longue et continuée sur une substance, ou enfin de la manière avec laquelle elle se sépare de cette substance. Je ne m'étendrai pas davantage sur cet objet, puisque je serai obligé d'y revenir lorsque je traiterai des volcaus; et alors j'examinerai aussi la question, si la fluidité des laves dépend de quelqu'autre principe différent de la chaleur?

De tout ce que nous venons de dire, il résulte que si les matières composant les granits ont été jadis dans un état de fluidité par l'action de la chaleur répandue parmi leurs élémens, lorsque celle-ci s'en est séparée en entrant dans quelques combinaisons, ces mêmes matières pouvaient s'unir, se cristalliser et former de véritables substances pierreuses.

Google

CHAPITRE XXXVI.

Seconde difficulté proposée à raison des divers degrés de fusibilité qu'ont les parties composant les granits.

§ 224. Une autre difficulté qu'on élève contre l'origine ignée du granit, est celle qu'on déduit des divers degrés de fusibilité dont ses parties sont douées. Les quartz ne sont fusibles qu'à un très-grand degré de chaleur, et plus grand que celui de nos fourneaux ; les micas se fondent, mais avec quelque difficulté; les feld-spaths sont assez fusibles. Si nous considérons ensuite les autres substances qui sont quelquefois contenues dans les granits, comme les grenats, les tourmalines, les amphiboles, la chaux fluatée, la barite sulfatée, etc., nous verrons que ces matières sont très-fusibles. Dans l'échelle de la fusibilité des corps, quelle différence entre le quartz et le fluate calcaire ! Si donc les granits se sont cristallisés par le refroidissement, leurs parties auraient dû se séparer et se cristalliser à des époques différentes, correspondantes à leurs divers degrés de fusibilité, et elles ne pourraient jamais se trouver unies et adhérentes entr'elles, de manière à présenter une formation contemporaine. De plus

Digitized by Google

il semble quelquefois que la substance la plus fusible se soit cristallisée avant celle qui l'était moins, et dont elle a été enveloppée.

§ 225. Avant de répondre à cette difficulté dont je ne dissimule pas la force, j'observerai qu'elle est égale, et peut-être encore plus grande dans le système neptunien. Imaginons toutes les terres dissoutes dans l'eau au moyen d'un dissolvant commun; si nous admettons avec Dolomieu que ce dissolvant général se soit anéanti, nous ne pourrons pas supposer que cet anéantissement ait été instantané : ce serait joindre un mystère à un autre mystère; et dans le cas qu'on voulût pousser l'invraisemblance jusqu'à ce point, les cristallisations ne se seraient jamais formées régulièrement; mais de cet état de choses, il serait résulté une précipitation tout-à-fait confuse de matières dissoutes. Il faut donc supposer qu'à mesure que le dissolvant commun s'anéantissait, les terres se précipitèrent, mais d'abord les moins solubles, et puis celles qui sont douées du plus grand degré de solubilité. On peut en dire de même si au lieu de supposer l'anéantissement du dissolvant commun, on voulait conjecturer que ce dissolvant entra dans quelque combinaison. D'un autre côté, si renonçant à l'idée de la dissolution, nous concevons les terres mêlées et suspendues dans un fluide, il est évident qu'elles auraient dû se précipiter suivant la loi de leur

gravité spécifique combinée avec le mouvement de rotation de la terre: mais alors elles n'auraient pu s'unir en formant en même temps divers composés, et ces composés doués aussi d'une différente gravité spécifique, n'auraient pu s'unir, ni par conséquent former une masse commune.

§ 226. Faisons maintenant le parallèle de cette hypothèse avec celle de la fluidité ignée. Les terres mêlées ensemble sont fusibles, et le calorique interposé entre tous les élémens de la matière, devait leur communiquer la fluidité ou la liquéfaction ignée. Voilà la première difficulté, et la difficulté qui n'est pas la moins embarrassante, écartée sans retour, je veux dire celle de pouvoir imaginer un dissolvant général et commun. Les terres se sont solidifiées à mesure que le globe s'est refroidi, et ce refroidissement s'est opéré pendant que le calorique se combinait avec les principes solides des fluides élastiques. C'est ainsi qu'on évite la seconde difficulté, c'est-à-dire, celle de donner une issue au dissolvant commun, puisqu'on ne peut pas admettre son anéantissement. Reste la seule difficulté d'expliquer comment la consolidation des terres et de leurs composés, quoique diversement fusibles, a pu s'opérer en même temps, et pourquoi elle n'a pas correspondu à leur degré de fusibilité ?

§ 227. Mais sommes-nous certains que quand le calorique agit sur une masse immense de

matière, sans le concours libre de l'atmosphère et sous une pression énorme de matières superposées, les degrés de fusibilité des substances soient les mêmes que ceux par nous observés, lorsque ces substances sont soumises à l'action de nos fourneaux ou du chalumeau? Prenons pour exemple les roches volcaniques: elles contiennent très-souvent des feld-spaths, des pyroxènes, d'amphigènes; dans l'échelle de la fusibilité, les pyroxènes peuvent être comparés aux micas, et les amphigènes aux quartz. Or il est très-fréquent de trouver des amphigènes qui ont dans leur intérieur, de petits morceaux de pyroxènes, et même des feld-spaths; donc le feld-spath et le pyroxène se sont consolidés avant l'amphigène ou du moins en même temps, quoique celui-ci soit beaucoup moins fusible.

§ 228. On dira que ces cristallisations préexistaient dans la roche sur laquelle le volcan a exercé son action, et qui fut réduite à l'état de lave. En effet, on prétend que les amphigènes se trouvent encore dans les roches non volcaniques, et les pyroxènes ont été ainsi nommés par Haüy, parce qu'on les rencontre fréquemment dans les roches qui sont regardées comme étrangères au domaine du feu. Mais quand nous nous occuperons de cet objet, nous démontrerons que les amphigènes se sont formées dans quelques laves encore fluides, ce qui suffit pour nous

convaincre que les degrés de fusibilité établis communément par les chimistes, ne sont point applicables aux grandes masses, et qu'il y a dans la nature plusieurs exemples de corps composés de substances douées de divers degrés de fusibilité, et dans lesquelles les matières que nous croyons les plus fusibles, se sont consolidées avant les moins fusibles. Voyons cependant de quelle manière on peut rendre raison de la cristallisation simultanée des diverses parties qui composent le granit, bien que ces parties soient douées de différens degrés de fusibilité.

§ 229. Les élémens des quartz, des micas, des feld-spaths, etc., étaient mêles ensemble dans une fusion commune produite par les particules calorifères qui étaient disséminées entr'eux. Aussi long-temps que ces particules se trouvèrent en certaine quantité, comme, par exemple, de cent, le mélange fut fluide. Une petite soustraction de calorique aurait fait cristalliser seulement les quartz, les autres deux substances restant fluides. Une nouvelle soustraction également petite aurait donné naissance aux micas, et une autre pareille soustraction des mêmes particules calorifères aurait provoqué la cristallisation des feld-spaths. Il suit de là, que si la soustraction de la matière calorifère avait été lente, régulière et progressive, les parties du granit se seraient peut-être cristallisées séparément : mais concevons la

production de quelques torrens de gaz qui aient rapidement soustrait d'une partie de la masse terrestre, une grande quantité de calorique, et que cette soustraction ait suffi pour produire la cristallisation des feld-spaths; pendant que ceux-ci se consolidaient, à plus forte raison les micas et les quartz, substances moins fusibles, devaient se consolider et se cristalliser. Une observation vient à l'appui de cette idée. Il est rare de trouver dans les granits, les quartz et les micas régulièrement cristallisés, excepté lorsqu'ils occupent quelques cavités: au contraire dans les feld-spaths, les formes régulières sont beaucoup plus fréquentes, ce qui démontre que la cristallisation des quartz et des micas a été et plus tumultueuse et plus accélérée. Comme le refroidissement de la matière terrestre s'est opéré par l'effet du développement des gaz, nous pouvons, à volonté, concevoir ce refroidissement ou plus rapide ou plus lent, suivant qu'il importe de le faire concorder avec les circonstances nécessaires pour rendre raison des phénomènes. On dira peut-être que c'est ici une hypothèse versatile et qui se plie à tous les besoins? Tant mieux; si par les seuls principes de l'existence du calorique et de ses combinaisons, principes admis par le plus grand nombre des physiciens, nous pouvons expliquer les phénomènes géologiques les plus importans, pourquoi irions-nous

nous engager dans les difficultés des dissolutions et des précipitations? Je n'oserais assurer que telle a été réellement la manière dont les granits se sont cristallisés; je dirai seulement que nous pouvons du moins nous former ainsi une idée de leur cristallisation.

§ 230. Que si l'on désirait une réponse directe et moins hypothétique, cette réponse nous a été fournie par M.r Watt dans ses belles observations sur le basalte (Voy. *Bibl. brit.*, tom. 39). Si une masse fondue contient deux espèces distinctes de molécules, les produits seront modifiés par les proportions des ingrédiens. Berthollet a démontré que l'attraction est directement comme la quantité relative des ingrédiens; et il suit de là que la matière la plus abondante doit être la première à se cristalliser: par conséquent les cristaux qui se forment le plus promptement, ne sont ni les plus réfractaires, ni les moins fusibles. Leur formation dépend du rapport qui existe entre l'adhésion qui unit leurs molécules à celles du fluide ambiant, et la polarité qui les porte à se cristalliser. Dans toutes les cristallisations qui s'opèrent par le moyen des fluides composés, l'ordre de la cristallisation des diverses substances est réglé par leur quantité et par leurs attractions relatives. Il est certain qu'un cristal ne peut se former dans une température où ses molécules seraient en état de fusion; mais

il ne suit pas de là, que le cristal doive se former aussitôt que les molécules seront refroidies au point que l'attraction de cristallisation ou la polarité cristallifique surpasse la force dilatante du feu ; car ces molécules peuvent rester suspendues dans un fluide formé de corps plus fusibles, pourvu qu'il soit en quantité suffisante pour pouvoir les tenir séparées et hors du contact. Il est donc clair que dans une masse composée de substances fondues, mais différemment fusibles, l'ingrédient le plus copieux sera le premier à se cristalliser. La suppression de celui-ci rapprochera les autres molécules réfractaires, et ainsi de proche en proche, de manière qu'il est possible que les dernières à se cristalliser soient les moins fusibles.

§ 231. Ceci me semble être précisément le cas du granit dans lequel les parties les plus fusibles et même les plus abondantes, sont les feld-spathiques, qui, par leur interposition, ont retardé la cristallisation des quartzeuses. Celles-ci n'ont pu s'approcher et se cristalliser que lorsque les premières se sont unies dans quelques points. Comme les cristaux formés postérieurement devaient recevoir dans le contact, l'impression de ceux qui étaient déjà consolidés, il s'ensuit qu'on pourra avoir des cristaux peu fusibles pénétrés par la substance la plus fusible qui a été la première à se consolider ; et les ingrédiens résidus

du mélange, et qui se sont cristallisés postérieurement, pourront de leur coté être modelés sur les cristaux réfractaires. Ainsi l'on pourra avoir dans le même échantillon, une substance réfractaire produite par le feu, laquelle aura reçu l'impression des corps les plus fusibles, et leur donnera réciproquement la sienne dans un autre point. Supposons un mélange de cent parties feld-spatiques, et de cinquante quartzeuses: celles-ci ne pourront se cristalliser qu'après que cinquante parties des autres se seront consolidées; donc la première cristallisation qui se formera, sera celle de quelques feld-spaths. Les quartz qui se cristalliseront ensuite, en contact avec ces feld-spaths, en recevront l'impression, et pourront donner la leur aux feld-spaths qui résulteront de la cristallisation postérieure des autres cinquante parties feld-spathiques: car lorsque la masse du fluide feld-spatique sera devenue égale à celle des quartz, la cristallisation aura lieu selon la plus grande ou la moindre fusibilité, c'est-à-dire, que la substance la moins fusible se consolidera avant celle qui est la plus fusible.

§ 232. En appliquant ces principes aux phénomènes que présentent les substances composant les granits, ou qui s'y trouvent ordinairement renfermées, il sera facile d'expliquer toutes les irrégularités apparentes qui peuvent faire quelque impression, lorsqu'on veut raisonner d'après le

seul principe de la fusibilité déterminée par nos expériences. Bien que dans les granits, la partie prédominante soit communément le feld-spath, on ne voit pas néanmoins que cette substance forme des cristallisations aussi volumineuses que le quartz dont les masses régulièrement cristallisées dans les cavités des granits, sont quelquefois du poids de cinq à six cents livres. Si nous observons les masses compactes des granits, nous verrons que le feld-spath a toujours une figure qui se rapproche davantage de la régulière, pendant que les micas et les quartz sont le plus souvent en fragmens de figure indéterminée, ce qui prouve, comme je l'ai dit plus haut, que la cristallisation de ces deux substances a été plus tumultueuse. Malgré tout cela, le contraire arrive dans les vides, et les cristaux quartzeux réguliers sont quelquefois plus volumineux que ceux des micas et des feld-spaths; indice certain que la cristallisation du quartz est postérieure à celle des autres substances, et que par conséquent, là où il y avait quelque vide, pendant que les parties feld-spatiques et micacées se consolidaient, les parties quartzeuses se sont encore unies, et ont eu un espace et un temps convenables pour se rassembler en plus grande quantité. Du reste, quoique dans les cavités, les quartz se fassent remarquer par leur grandeur et par leur beauté, les parois se trouvent néanmoins

revêtues de cristaux de feld-spath et de mica. Si donc dans la consolidation des granits, la cristallisation de leurs parties n'a pas été toujours régulière, c'est parce que ces parties comprimées par le poids de la masse de la matière, étaient resserrées de tous côtés; mais, là où s'est arrêtée quelque bulle de gaz, il s'est formé un vide; et à mesure que les élémens s'unissaient, leurs composés prenaient ces formes régulières qui étaient propres à chacun d'eux, et produisaient des cristaux plus grands ou plus petits selon la quantité des élémens qui s'étaient rassemblés. On observe de semblables phénomènes dans les laves, où l'on trouve fréquemment des masses et des groupes d'olivines, de pyroxènes, d'amphigènes, de micas, etc.; et l'on voit ces mêmes substances régulièrement cristallisées dans les vides formés par le développement de quelque gaz.

§ 233. Si les élémens du granit ont été à peu près également distribués, il en résultera un granit à petits grains; si par quelque combinaison, certains élémens ont prédominé dans un endroit, leurs composés prévaudront sur les autres. C'est ainsi que dans les roches granitiques, on rencontre quelquefois les micas, les quartz, les feldspaths tantôt séparés et tantôt unis en masses. Dans les belles dalles de granit dont les rues de Milan sont en partie pavées, on remarque souvent des

veines de quartz gras qui présentent une plus grande résistance au frottement et s'élèvent au-dessus de la superficie usée du granit. Il n'est pas rare non plus de voir dans les granits quelques masses de mica, comme si cette substance s'était rassemblée en plus grande quantité, dans quelques parties de la roche. Non loin de Manheim, sur le côté méridional de la montagne granitique du Felsberg, est un filon de quartz qui a environ 14 à 15 pieds de hauteur sur environ 10 pieds d'épaisseur, et qui s'étend sur une longueur de 80 toises. Ces phénomènes ont induit quelques géologues à établir que la structure du granit est granulaire en petit, et porphyritique en grand (1).

(1) Dans quelques écoles géologiques, en parlant des roches, on distingue la structure *en petit*, de la structure *en grand*. La première peut se reconnoître dans les petits échantillons des cabinets; on ne saurait se former une idée de la seconde que dans l'observation des montagnes. Quelques roches présentent en petit, une structure différente de celle qu'on y remarque quand on les voit en grand. Si l'on examine un échantillon de granit, on aperçoit une pierre composée de quartz, de feld-spath et de mica, comme de tout autant de grains distincts, et par conséquent on y trouve la structure granulaire. Mais si l'on porte ses regards sur les montagnes ou sur de grandes masses de granit, on verra quelquefois des quartz ou des feld-spaths volumineux encaissés dans le granit, ainsi que le quartz et le feld-spath sont enveloppés dans la pâte du porphyre, ce qui a fait donner à cette structure le nom de porphyritique. Cette distinction peut paroître non-seulement inutile, mais encore peu exacte. La structure porphyritique est celle d'une roche qui présente une pâte,

Saussure dans les granits de Vienne, en Dauphiné, observa des rognons et des filons de calcédoine avec des pyrites (Voy. *Voyage dans les Alpes*, § 1635), et il en déduisit que la formation de ces substances était contemporaine de celle du granit, parce que dans quelques endroits, le granit contenait la calcédoine, et que dans d'autres, la calcédoine renfermait le granit. M.r De Faujas croit que cette substance pierreuse contenue dans les granits de Vienne, n'est pas une calcédoine, mais qu'elle est un quartz modifié par le mélange d'autres matières, et que par conséquent on doit l'appeler *pseudo-calcédoine*. Je ne veux pas disputer sur les noms; je ne puis cependant être d'accord avec cet auteur, sur la manière dont il conçoit la formation de ces agrégations siliceuses par le moyen d'une infiltration ou dissolution quartzeuse. J'ai observé les granits décrits

---

et dans le porphyre, le quartz ou plus communément le feld-spath sont des substances différentes de la pâte qui les renferme, tandis que les grands quartz ou les grands feld-spaths sont les parties mêmes composant le granit, et qui, par quelque combinaison particulière, se sont consolidées en masses plus volumineuses. Il arrive de là que quelques parties acquièrent plus de volume: mais que les parties soient grosses ou petites, la structure de la roche sera toujours granulaire. D'après ce qui vient d'être dit, si l'on s'accorde sur le véritable sens qu'il convient de donner aux paroles, l'expression de *structure porphyritique* pourra servir à abréger le discours, lorsqu'il s'agira de décrire une roche granitique dans laquelle on observe le phénomène dont il s'agit ici (Voy. la note du § 208).

Digitized by Google

par Saussure, et j'ai reconnu que ces masses siliceuses parsemées quelquefois de pyrites, et d'une couleur blanc de lait, appartiennent réellement à une formation contemporaine de celle du granit; cela paroît au moins démontré par leur gisement et par la manière dont elles sont unies et je dirai presque identifiées avec le granit.

CHAPITRE XXXVII.

Troisième difficulté qu'on a élevée à raison des gouttes d'eau que contiennent quelquefois les quartz renfermés dans les granits.

§ 234. Ces gouttes d'eau qu'on aperçoit quelquefois dans l'intérieur des quartz qui occupent les cavités des granits où ils se sont régulièrement cristallisés, peuvent faire quelque impression sur l'esprit de certains naturalistes : au premier aspect, il doit leur paroître assez étrange qu'un corps dans lequel on voit de l'eau renfermée, ait participé à la fluidité ignée. Mais en minéralogie, il n'est rien moins que rare de trouver de ce fluide dans une substance qui, selon toutes les apparences, a passé par l'état de fusion. Je citerai pour exemple le pechstein ou la rétinite du Cantal, en Auvergne, laquelle est reconnue par tous les géologues qui ne sont point prévenus en faveur de quelque système, pour une substance volcanique (Voy. Brongniart, tom. 1, pag. 347), formée par le moyen du feu ainsi que beaucoup d'autres substances de cette contrée, et qui cependant contient environ sept pour cent d'eau de composition. Si cette eau dont la présence

se reconnoît seulement par l'analyse du composé, au lieu d'être disséminée également entre les parties de la pierre, était rassemblée dans quelques endroits en plus grande quantité que dans les autres, on verrait des gouttes d'eau renfermées dans cette substance, comme nous l'observons dans le quartz. Ce fait me semble indiquer que la présence de l'eau dans un composé pierreux ne répugne point à son origine ignée.

§ 235. Lorsque nous traiterons des produits volcaniques, nous aurons occasion de parler tant des vapeurs aqueuses qui s'élèvent des laves encore fluides, que d'un phénomène qu'on observe dans quelques-unes de ces laves, et qui a beaucoup d'analogie avec celui des gouttes d'eau renfermées dans le quartz; et nous donnerons de ce phénomène, l'explication qui nous paroîtra la plus naturelle et la plus satisfaisante. Nous nous bornerons donc pour le présent à ce qui concerne les quartz, et nous observerons, 1.° qu'on ne pourrait point reconnoître ces petites gouttes de fluide, s'il n'y avait avec elles, des bulles de quelque gaz qui ayant une moindre gravité spécifique, passent, lorsqu'on meut le cristal, à la partie supérieure de la cavité, de manière que la substance dont nous apercevons le mouvement, est l'air ou le fluide gazeux doué d'une transparence différente de celle de l'eau et du cristal. Si ces cavités n'étaient remplies que d'air

ou d'eau, vu la diaphanéité du cristal, on n'y apercevrait aucun mouvement, on n'y distinguerait aucune substance étrangère, mais la masse du cristal serait seulement dans ce point, plus ou moins transparente, selon le rapport qui existerait entre la transparence du cristal et celle de la matière qui y est renfermée. Il nous paroît donc vraisemblable que le phénomène de l'eau a beaucoup de connexité avec le développement de quelque gaz dont les bulles, lors de la consolidation du cristal, restèrent engagées avec les particules de l'eau.

§ 236. En outre, ces cristaux au lieu d'eau présentent quelquefois une matière fluide, oléagineuse et noirâtre, qui a été reconnue pour un vrai pétrole, comme Thomson l'a démontré par un grand nombre de belles expériences faites sur divers quartz. Parmi ces expériences, il en est une qui mérite surtout d'être rapportée, c'est celle qu'il fit à Florence, sur un cristal de quartz appartenant à M.r le docteur Targioni Tozzetti, et qui avait quelques taches jaunes dont une d'environ deux lignes de grandeur. Lorsqu'avec une petite lame de cuivre repliée en forme de cylindre, comme une plume très-fine, et à l'aide de la roue et de l'émeri, on eut fait une incision à l'endroit correspondant à la cavité, on en vit sortir un fluide que toutes les personnes présentes reconnurent pour une naphte

Digitized by Google

très-pure (1). Le même phénomène a été observé dans plusieurs autres quartz. Pourra-t-on dire que ces cristaux sont le produit des précipitations opérées dans la naphte ? La seule conséquence qu'on en puisse déduire, c'est que dans le lieu où le quartz se consolida, il y avait quelque particule de bitume fluide laquelle y resta enfermée. Il en est de même des gouttes d'eau qui sont quelquefois contenues dans le quartz ; elles ne forment certainement rien moins qu'une preuve convaincante de l'origine aqueuse de ces quartz. Si nous supposons maintenant que la cristallisation des granits s'est opérée au moyen du refroidissement produit par la formation des gaz, nous pourrons donner une explication plus plausible de ces phénomènes, en déduisant la production

(1) Le même auteur ayant porté ses expériences sur la matière noire, solide, compacte qu'on observe dans les cavités de quelques quartz, qui contiennent tantôt de l'eau, tantôt de la marne et du sable, trouva que cette substance appartient à l'anthracite qu'on appelait autrefois *charbon incombustible*. Cette même substance est celle qu'on avait prise dans le fameux quartz du cabinet de Pise, pour un insecte sans ailes et sans tête. Dans une cavité, on aperçoit nager sur l'eau un corps noir d'une à deux lignes de grandeur qui a quelques protubérances arrondies. Comme l'eau ne remplit pas toute la cavité, ce corps noir est en partie plongé dans l'eau et en partie surnageant. A la clarté du soleil, on voit que le corpuscule est opaque, de couleur noire la plus sombre, et que sa superficie est lisse et luisante. Dans notre hypothèse, il est facile de rendre raison de la présence de l'anthracite dans le quartz.

des substances renfermées dans les quartz, de la multiplicité des diverses combinaisons des fluides élastiques, de leurs produits, des particules vaporeuses, de quelque principe chimique, comme le carbone, etc. Lorsque, suivant notre hypothèse, les roches primitives se consolidaient, l'eau n'existait pas dans l'état de fluidité; mais elle pouvait exister dans l'état de vapeur, et sous cette forme, rester renfermée dans ces roches, puis passer à l'état de fluidité quand ces mêmes roches se furent refroidies (Voy. § 96).

§ 237. Je sais bien qu'il y a des quartz de formation plus récente, produits par la voie humide, soit parce que quelques eaux chargées de soude et animées par la chaleur, ont la propriété de dissoudre la terre siliceuse; soit parce que cette terre peut être atténuée au point de rester suspendue quelque temps dans un fluide, et de passer de cette état de suspension à une cristallisation régulière. Nous avons de fréquens exemples de ces quartz de nouvelle formation dans les géodes argileuses calcaires de Champigny, et dans les corps organiques tant terrestres que marins fossiles qui se trouvent ou agatisés ou revêtus de cristaux quartzeux. Brongniart en a vu de limpides et isolés dans le lignite (bois bitumineux) aux environs de Bologne, et l'on en trouve qui sont épars dans quelques terrains montueux. La montagne de Salève, près de

Genève, formée de bancs calcaires dont quelques-uns contiennent des dépouilles de corps marins, offre à sa sommité quelques couches de quartz. Mais le fait le plus curieux relativement à la formation récente des pierres siliceuses, est rapporté dans le *Journal des mines*, n.° 23. En 1782, un paysan qui labourait la terre près du village de Sappenrode appartenant à l'évêché de Munster, trouva une pierre siliceuse grise, d'environ neuf pouces de longueur sur quatre de largeur, laquelle ne présentait rien de remarquable à l'extérieur; mais l'ayant mise en pièces probablement pour en tirer des pierres à fusil, il aperçut dans l'intérieur une cavité cylindrique qui contenait une vingtaine de petites monnoies d'argent. La cavité était exactement modelée sur la pile de ces monnoies qui paroissaient avoir été liées avec un fil dont on reconnoissait la trace. La partie intérieure était noircie. Ce que ce fait présente de plus extraordinaire, c'est que les monnoies les plus anciennes étaient du 16.° siècle. Trébra possédait un morceau de ce silex et une des monnoies qui y étaient renfermées: il tenait ces objets du savant russe, le prince de Gallitzin qui avait joint à sont présent, un certificat authentique des circonstances du fait.

§ 238. Si la nature, dira-t-on, produit maintenant des pierres siliceuses et des quartz par la voie humide, pourquoi n'aurait-elle pu faire

usage des mêmes moyens lors de la première consolidation de la terre ? La réponse est facile; ces difficultés qu'on trouve insurmontables lorsqu'on traite des grandes parties du globe, perdent beaucoup de leur force lorsqu'il s'agit de petites masses. On peut concevoir dissoute et même suspendue dans l'eau une petite quantité de terre siliceuse ; mais comment se former une idée de la même opération lorsqu'on considère cette immense quantité de terre siliceuse qui entre dans la composition des granits ? Les raisons que nous avons déduites dans les chapitres V et VI, démontrent assez l'absurdité de l'hypothèse de la fluidité aqueuse primitive du globe. Au § 79, nous avons observé que l'eau manque communément dans les roches primitives ; ce fluide n'entre encore que rarement dans la composition des quartz (Voy. § 37) ; et s'il arrive parfois qu'on y en rencontre quelque goutte, nous avons indiqué ci-dessus la manière dont on peut rendre raison de cette circonstance particulière sur laquelle nous reviendrons lorsque nous parlerons de l'eau qu'on trouve quelquefois renfermée dans les laves. Enfin les gouttes d'eau qui existent dans les quartz, sont le produit des mêmes combinaisons qui font qu'on en rencontre aussi dans les opales connues sous le nom d'enhydres du Vicentin, roche dont il serait difficile de contester l'origine volcanique.

CHAPITRE XXXVIII.

La fluidité ignée originaire ne répugne point à la formation des gneiss et des roches primitives feuilletées.

§ 239. Le gneiss est formé à peu près des mêmes élémens que le granit. Je dis *à peu près*, car, quoique ses parties essentielles soient le feld-spath laminaire ou granulaire et le mica en paillettes, le quartz s'y trouve aussi assez communément. Cependant cette roche diffère encore du granit par une structure particulière, étant toujours disposée par feuilles superposées les unes aux autres, et séparées par des couches de feuilles très-minces de mica. Le feld-spath est très-fréquent dans les laves; le mica l'est moins, et le quartz bien moins encore, quoiqu'on l'y ait remarqué quelquefois. Si donc nous considérons les parties qui composent le gneiss, nous verrons que la nature de ces parties ne répugne point à la fluidité ignée primitive de la roche. La difficulté pourrait venir de la texture; mais qu'on fasse attention que cette texture s'observe encore dans quelques roches qui ont certainement participé à la fluidité ignée. Dolomieu dans le *Catalogue raisonné des laves de l'Etna*, pag. 241,

décrit une lave qui se trouve près de la cîme de l'Etna, dans la plaine que l'on voit entre les ruines de l'édifice appelé la *Tour du Philosophe*, et le *Monte Nuovo*, et qui en se refroidissant, a pris la configuration de plaques ou feuilles planes et minces. Le même naturaliste en parlant des laves du Mont d'Or, en Auvergne (Voy. *Journal des mines*, n.° 42), a aussi décrit les feuilles d'une lave extrêmement dure, le plus souvent à base de petro-silex, lesquelles ont un à deux pouces de grosseur, servent à couvrir les maisons comme les ardoises, et portent le nom de *pierres de tuile*. Elles sont communes dans les laves du Mont d'Or et du Cantal. Bory de Saint-Vincent dans son *Voyage aux quatre principales îles de la mer d'Afrique*, tom. 1, pag. 43, fait mention de quelques laves de l'île de Bourbon, qui se divisent en feuilles comme les ardoises. Dans le cabinet de Thomson à Naples, Humboldt a vu des laves litoïdées du Vésuve, divisées en feuilles très-distinctes d'une ligne de grosseur. Enfin M.r De Faujas a décrit diverses laves granitoïdes schisteuses, et entr'autres une de l'île de Volcano, dans laquelle on observe une multitude de petits cristaux d'amphibole noir, minces, allongés et disposés en plans horizontaux qui forment de petites couches, et donnent à la lave un aspect schisteux, phénomène correspondant à celui de la position et de la distribution des micas dans

le gneiss. On dira que ce ne sont point ici des laves, et que ce sont des roches de klingstein (1) ou de phonolite, comme celles de la roche Sanadoir en Auvergne; mais j'observerai que les pierres de la roche Sanadoir sont de vraies laves d'anciens volcans éteints, puisque dans ces pierres, on remarque beaucoup de parties poreuses, boursouflées avec des cristaux d'amphibole et de

(1) *Klingstein* (pierre sonore); si la propriété de donner du son sous la percussion du marteau, mérite d'être prise en considération dans un système minéralogique, il me semble qu'il suffit de l'indiquer par un adjectif, mais que cette propriété ne doit jamais constituer une espèce, ni faire ajouter un nouveau terme à une nomenclature déjà beaucoup trop étendue, vu qu'il s'agit ici d'une propriété physique qui peut convenir à des substances d'une nature très-différente. Dans les champs Phlégréens, on voit assez communément des tufs qui taillés en plaques, sont tellement sonores, qu'on ne les connoît que sous la dénomination de tufs à cloche, *tufi a campana*. Pallas fait mention d'un grès très-dur et sonore qu'on trouve en Crimée. Dolomieu a observé que les roches de trapp sont souvent sonores, et que cette propriété est encore commune à quelques ardoises et pierres calcaires secondaires. Pour ce qui regarde le vrai *klingstein* des Allemands ou phonolite des Français, on peut lire le Mémoire de Daubuisson inséré dans le *Journal de physique*, tom. 56. Ce savant naturaliste après avoir examiné les caractères physiques, chimiques et géognostiques de cette pierre, conclud en disant que comme le *phonolite* est presque toujours accompagné du basalte, qu'il passe quelquefois à cette substance par des modifications insensibles, et qu'on ne le trouve que dans les pays basaltiques, ou qu'on soupçonne avoir été volcanisés, la question qu'on peut élever relativement à son origine, et celle de l'origine des basaltes, semblent être connexes.

pyroxène (Voy. *Journal de physique*, tom. 67). Les exemples précédemment cités démontrent que l'origine ignée peut se concilier avec la propriété d'être sonore et avec le caractère et la structure laminaires.

§ 240. Pictet a vu en Irlande (Voy. *Bibl. brit.*, tom. 19, pag. 373), un schiste primitif à larges feuilles, mêlé de rognons et de filons de quartz, et visiblement ondulé, de manière que les couches tant du schiste que du quartz, étant pliées, formaient autant de lignes courbes. Les ondulations de la matière pierreuse observées par Pictet, étaient si singulières et si variées dans tous les sens, et sous toutes les courbures imaginables, qu'elles pouvaient être un objet de surprise même pour ceux qui sont peu habitués à faire des observations géologiques. Cette souplesse et cette flexibilité supposent dans la matière pierreuse, un état de demi-fluidité ou une consistance pâteuse qu'on peut concevoir jusqu'à un certain point dans l'union des feuilles plus ou moins minces qui constituent le schiste micacé pur: mais que cette fluidité ait encore appartenu aux filons de quartz, lesquels forment des couches qui alternent avec celles du schiste, et participent aux mêmes courbures, c'est ce qui répugne à toutes les connoissances positives que nous avons sur ce genre de pierre. Quelque éloigné que fût Pictet d'adopter des idées systématiques, il ne put

s'empêcher de reconnoître dans ces substances pierreuses, les effets du feu, et il les regarda comme douées dans l'origine, de cette viscosité qu'on observe dans les pâtes vitreuses exposées à une température très-élevée.

§ 241. Disons donc que la texture feuilletée et schisteuse d'une roche, n'est pas incompatible avec sa fluidité ignée primitive, et que les substances fondues peuvent en se refroidissant, prendre cette texture. Ajoutons qu'il y a des exemples de substances douées d'une texture en apparence compacte et unie, et qui après avoir été soumises à l'action du feu, présentent la structure laminaire et schisteuse. Parmi les belles observations faites par M.r Brocchi sur la roche de Viconago, on remarque celle de laquelle il résulte qu'il est en notre pouvoir de changer les apparences de cette roche, et de la transformer, pour ainsi dire, sur-le-champ en un schiste micacé, puisqu'il suffit d'exposer au feu un morceau de cette même roche, et de le faire rougir pendant quelques minutes, pour qu'il prenne aussitôt le lustre argentin, et que la texture fissile se manifeste de manière que l'œil le plus exercé pourrait le confondre avec un fragment de schiste micacé (Voy. *Journal de la Société d'encouragement de Milan*, tom. 8). Cette roche était regardée comme une stéatite à cause de son onctuosité au toucher. Selon les analyses du même auteur,

elle contient silice 63: 50, alumine 9: 50, chaux 3, magnésie 1, fer 8, eau et acide carbonique 11, perte 4.

§ 242. Il ne sera pas hors de propos de faire quelques réflexions sur la position des roches schisteuses. Le gneiss est généralement formé, comme on sait, de couches de mica qui alternent avec le feld-spath et quelques parties quartzeuses (1), en faisant abstraction des autres substances qui quelquefois s'y trouvent accidentellement. Si cette roche avait toujours une position horizontale ou inclinée, on pourrait la considérer comme le produit d'un dépôt qui s'est opéré dans un fluide, et qui s'est adapté à la configuration du sol sur lequel il s'est fixé: mais ceux qui ont observé les montagnes de gneiss, ont pu voir que souvent cette roche se trouve en couches verticales. Comment concilier la position verticale des plaques du gneiss avec l'idée d'un dépôt qui s'est formé dans un fluide? Ce que nous disons des gneiss, on peut le dire encore des lames du schiste micacé, du quartz

(1) Dans les formations fort étendues, cette roche est sujette à des modifications ou à des accidens de cristallisation: souvent la quantité de feld-spath diminue, et alors le gneiss passe au micaschiste; d'autre fois le quartz disparoît, et si la proportion du mica diminue aussi, le gneiss se rapproche de cette roche feld-spathique qu'on a appelée *weisstein*: enfin quelquefois on ne voit plus ni le mica, ni le feld-spath, et le gneiss devient un quartz un peu micacé.

ized by Google

et de toute autre substance qu'on rencontre dans le gneiss en couches parallèles à celles de cette roche, et par conséquent verticales.

§ 243. Voudra-t-on supposer que les montagnes formées de gneiss, furent produites par des précipitations successives, et que dans la suite elles furent soulevées et renversées de manière que ce qui était d'abord horizontal devint vertical? Qu'on considère que cette roche domine souvent dans quelques chaînes de montagnes dont l'étendue est de plusieurs milles, en sorte que si l'on veut concevoir horizontales ces couches qui maintenant sont verticales, ou l'on devra imaginer dans la superficie primitive du globe, un certain nombre de montagnes de plusieurs milles de hauteur perpendiculaire, qui, par quelque révolution extraordinaire, ont été renversées sur une de leurs faces; ou il faudra supposer que des extensions de plusieurs milles de terrain ont été soulevées par une force qui agissait en dessous. La première de ces deux suppositions est contredite par les dimensions qui semblent établies dans les irrégularités de la superficie de notre planète; et la seconde n'est pas sujette à moins de difficultés, puisque le bouleversement qui se serait opéré, aurait dû laisser des traces. Nous aurons occasion de revenir sur cet objet, lorsque nous parlerons du renversement des montagnes; il suffira ici de faire observer que ces couches

Digitized by Google

verticales ou inclinées, sont souvent ondulées, repliées, et présentent diverses formes sans qu'on y aperçoive aucunes fractures. Or ces apparences ne peuvent se concilier avec l'écroulement de roches dures et pierreuses, et semblent démontrer que ces configurations de couches ont une origine antérieure à celle de la consolidation de la roche, ou du moins une origine contemporaine de cette consolidation.

§ 244. Saussure dans le § 239 des *Voyages dans les Alpes*, dit que comme les bancs de la majeure partie des roches ont été produits par une espèce de cristallisation confuse, et que les cristallisations n'affectant aucune situation particulière, se forment sous toute sorte d'angles, nous ne devons pas être surpris de voir des couches perpendiculaires à l'horizon, ou encore contournées et dans une situation telle que les sédimens n'auraient jamais pu la prendre. Il revient sur la même idée au § 690, où il dit que nous pouvons concevoir facilement de quelle manière les particules terreuses réduites à leur plus grande ténuité et suspendues dans un fluide, ont pu s'aglomérer et former des couches verticales comme cela arrive quelquefois dans les cristallisations artificielles. Il paroît que Jameson a adopté cette opinion, puisque regardant la structure lamelleuse des critaux et des grandes couches terrestres comme une variété du même

phénomène, il conclud que la situation verticale des couches n'est point l'effet d'une force qui les ait soulevées postérieurement à leur formation, mais que leur position actuelle est la même que leur position primitive (Voy. *Bibl. brit.*, juillet 1815). Je crois avoir déjà donné une démonstration assez évidente de l'insuffisance de l'hypothèse de la fluidité aqueuse primitive du globe. En outre, il n'est rien moins que facile d'appliquer les phénomènes des cristallisations aux apparences que présentent les couches dont il s'agit ici, savoir, à leurs plis, leurs courbures, leurs sinuosités et leur parallélisme. Au contraire si nous considérons les roches schisteuses comme douées originairement d'une fluidité ignée, nous concevrons sans peine que dans leur état de mollesse, les diverses substances se séparèrent par un effet des affinités réciproques, et que dans la période de la consolidation, les séparations de continuité prirent des directions tantôt verticales, tantôt inclinées, quelquefois même horizontales, selon les circonstances et les combinaisons du refroidissement et des diverses impulsions des fluides élastiques qui se développaient à cette époque. Au surplus, on peut voir ce que nous avons déjà dit au § 144 sur la cristallisation des montagnes. Que si malgré les difficultés que nous avons signalées, on voulait adopter l'idée de Saussure, et regarder les roches dont il s'agit, comme formées par le

moyen de la cristallisation dans leur situation actuelle, il nous paroît beaucoup plus probable d'attribuer, comme nous l'avons déjà dit, leur formation à la fluidité ignée, puisqu'on peut obtenir des cristallisations dans l'une et l'autre de ces deux espèces si différentes de fluidité, et que nous croyons avoir démontré qu'il est beaucoup trop difficile de concilier l'hypothèse de la fluidité aqueuse avec les phénomènes géologiques. Ce que nous avons dit du gneiss, on peut l'appliquer au schiste micacé, roche en laquelle le gneiss même dégénère, et dont il ne diffère que parce que le feld-spath qu'il contient, manque dans le schiste micacé, composé de mica et de quartz. Il en est de même du schiste argileux primitif dans lequel manquent le quartz et le mica, et où l'on n'en rencontre que peu de grains lorsqu'il avoisine le schiste micacé. J'observerai seulement qu'une des substances les plus communes dans ces roches feuilletées primitives, est le grenat, dont l'origine ignée n'est pas du tout invraisemblable. Faujas (*Classification des produits volcaniques*, pag. 641) dit avoir observé les grenats dans les sables volcaniques du ruisseau d'Expailly en Velai avec les saphirs, zircons, etc. Dans le même ouvrage, à la page 429, on donne la description d'une lave qui se trouve aux environs du Cap de Gatte en Espagne. Cette lave à fond noir-bleuâtre contient des grenats

Digitized by Google

rouges, demi-transparens, dont quelques-uns ont la grosseur d'un petit pois. Il est probable que le grenat pur et diaphane de Bohême, appelé par les Allemands *grenat noble*, et par Werner *pyrope*, est un produit du feu. Voyez ce qui a été écrit sur cette substance par M.[r] Lucas, art. *Grenat* dans *le Nouveau Dictionnaire d'histoire naturelle.* Je n'ignore pas les interprétations qu'on peut donner à ces faits, et c'est pour cela que je me borne à dire *qu'il est probable.*

Digitized by Google

CHAPITRE XXXIX.

De la siénite et du grünstein ou diabase.

§ 245. Quelques géologues appellent *siénite*, les roches composées essentiellement de grains de feld-spath et d'amphibole unis par une agrégation immédiate. D'autres ont donné ce nom aux granits, qui, outre leurs composans ordinaires, savoir, le quartz, le mica et le feld-spath, contiennent encore l'amphibole. On a aussi appelé *siénite*, une roche de la Suède et de la Norvège, composée de feld-spath mêlé avec l'amphibole, et qui contient des cristaux de zircon, d'épidote, de scapolite, d'analcime et de fer magnétique (Voy. *Annales de Moll*, tom. 1). Les parties essentielles de la siénite sont donc l'amphibole et le feld-spath; et l'on a donné le même nom à des roches d'une structure très-différente. Qu'on observe, en outre, que souvent en géologie, on fait mention du *grünstein* (pierre verte) des Allemands, diabase de Brongniart, diorite de Haüy, et que par cette dénomination, on entend désigner une roche dont les parties constitutives sont le feld-spath et l'amphibole. Quelle est donc la différence qui existe entre la siénite et le grünstein ou la diabase?

§ 246. C'est dans le degré de cristallisation, que quelques géologues font consister cette différence. Ils considèrent la siénite comme une roche plus cristalline, plus luisante et beaucoup plus compacte : mais qui ne voit que le plus ou le moins de ces propriétés, toutes les fois qu'on ne peut le rapporter à un point déterminé, ne présentent qu'un caractère très-incertain ? Brochant après avoir défini la siénite une roche composée essentiellement de grains de feld-spath et de hornblende (amphibole) immédiatement et intimement mêlés ensemble, dans laquelle le feld-spath est ordinairement la partie dominante, dit en parlant du grünstein (diabase) que c'est un mélange de feld-spath et de hornblende. Jameson (Voy. Thomson, *Système de chimie*, tom. 7, pag. 584), voulant assigner la différence caractéristique qui se fait remarquer entre la siénite et le grünstein, a écrit que dans la première prédomine le feld-spath, et dans le second l'amphibole ; que dans la siénite le feld-spath est ordinairement rouge et ne prend que très-rarement une teinte verdâtre, tandis que dans le grünstein, le feld-spath n'est jamais rouge, mais est presque toujours d'un blanc verdâtre. Il est facile de voir que l'incertitude et la variabilité de ces caractères excluent toute ligne de démarcation entre ces deux roches dont il s'agit.

§ 247. Désirant de fixer mes idées sur ce point de nomenclature, j'ai fait venir d'Allemagne, deux collections géologiques. Dans une de ces collections faite par un savant minéralogiste, il n'est nullement parlé du grünstein; mais on attribue la dénomination de siénite à deux roches d'une composition très-différente. L'une de ces roches est un vrai granit, qui indépendamment de ses trois élémens ordinaires, contient encore l'amphibole : cet échantillon vient d'Ehrenberg près Ilmenau dans la Thuringe. L'autre roche est composée d'amphibole confusément cristallisé et dans lequel le feld-spath est disséminé. Dans la seconde collection, qui est l'ouvrage d'une société minéralogique, on donne le nom de siénite à une roche de Schemnitz, en Hongrie, et où l'amphibole cristallisé est disséminé dans une base feld-spathique confusément cristallisée; et l'on applique la dénomination de grünstein à une roche du Hartz, dans laquelle une substance feld-spathique amorphe est mêlée avec une pâte amphibolique qui ne présente aucune ébauche de cristallisation.

§ 248. En combinant ce qui a été écrit par divers auteurs sur ces deux roches, avec les observations que j'ai pu faire sur plusieurs échantillons désignés par les noms de siénite et de diabase, il me paroît qu'on peut établir les principes suivans: 1.° la siénite est composée

essentiellement de feld-spath laminaire et d'amphibole; 2.° le diabase est formé de feld-spath compacte et d'amphibole. Le feld-spath compacte (*dichter feld-spath* de Werner) est cette substance pierreuse qui forme la base de quelques porphyres, que Dolomieu et autres naturalistes ont appelée *petro-silex*, qui est analogue au feld-spath commun et laminaire, et qui pour me servir des expressions de Brongniart, paroît être au feld-spath, ce que le silex est au quartz. De même que les caractères de la contexture exigent qu'on fasse deux espèces différentes du quartz et du silex, de même on doit distinguer le feld-spath compacte, du feld-spath laminaire. Par conséquent on doit encore distinguer la roche composée de feld-spath laminaire et d'amphibole, c'est-à-dire, la siénite, de celle qui résulte du feld-spath compacte uni à l'amphibole, c'est-à-dire, du diabase; 3.° aux parties essentiellement constitutives, pourront s'unir accidentellement d'autres substances qui produiront des variétés, comme les quartz, les micas, les zircons, etc.; 4.° les parties essentielles et accidentelles peuvent s'unir de diverses manières, et de ces différentes unions résulteront d'autres variétés, savoir, la granitoïde, la schisteuse, la porphyroïde, etc., (Voy. Brongniart, *Essai d'une classification minéralogique des roches mixtes*). Le granit orbiculaire de Corse formé de parties amphiboliques

et feld-spathiques distribuées alternativement en zones concentriques est une diabase ou *grünstein* orbiculaire; et il importe ici d'observer que suivant Werner, le porphyre *vert-antique* serait une variété du *grünstein :* mais Brongniart que nous avons déjà cité, en fait une espèce distincte, qu'il a désignée par le nom d'*ophite*, vu que cette roche résulte d'une pâte de petro-silex ou feld-spath compacte, coloré en vert par l'amphibole (1), et qu'elle contient des cristaux déterminables de feld-spath qui y sont répandus.

§ 249. Que si nous considérons le gisement de ces roches, nous observerons qu'elles sont souvent unies aux granits et aux porphyres. Dans le § 173, nous avons parlé de la siénite unie au porphyre, et d'après les observations faites par Mathieu dans l'île de Corse (Voy. *Journal des mines*, n.° 200) le granit orbiculaire de cette île, lequel, suivant Brongniart, est un grünstein ou diabase, git dans une montagne de granit gris, composé de feld-spath, de mica et de quartz. Cette roche qui constitue le corps de la montagne présente dans un endroit, un changement remarquable; le quartz et le mica disparoissent, reste le feld-spath auquel s'unit

(1) Comme dans cette roche, on ne peut plus reconnoître l'amphibole, dont la substance communique la couleur verte au feld-spath compacte, Haüy lui a donné le nom d'*aphanite* (qui est disparu) *porphyritique.*

Google

l'amphibole, et par un phénomène de cristallisation non moins singulier, ces deux substances alternent entr'elles, et sont disposées en cercles concentriques. Le granit orbiculaire occupe une étendue d'environ cent mètres carrés et a pour bornes de tous côtés, le granit gris. Il est donc certain que ces roches ont la même origine, et qu'elles appartiennent au même système et à la même époque de formation. Si donc l'origine ignée a pu convenir aux granits, comme nous avons tâché de le prouver, et aux porphyres, comme nous le dirons bientôt, elle aura dû aussi être commune à ces roches qui se trouvent unies aux granits et aux porphyres, et qui forment, pour ainsi dire, avec eux, une même famille. Il résulte de ce que nous venons de dire que dans les siénites et dans les grünsteins ou diabases, les parties constitutives et essentielles sont le feld-spath et l'amphibole, la première de ces substances est très-fréquente, et la seconde n'est pas rare dans les produits volcaniques et dans les roches qui certainement ont participé à la fluidité ignée (Voy. § 202). L'observation de Cordier mérite quelque attention : il assure que l'amphibole microscopique ne se montre que dans les laves dont la pâte est entièrement feld-spathique, et que sa présence y est toujours dénoncée par des cristaux amphiboliques disséminés, très-apparens.

Digitized by Google

CHAPITRE XL.

Il paroît qu'on doit admettre un calcaire primitif indépendant de l'organisation animale.

§ 250. Dans la dénomination de pierre calcaire primitive, je comprends le cipolin (1), la dolomie, les marbres statuaires et les roches calcaires compactes à grains cristallins ou saccaroïdes ou lamelleux, dans lesquels on n'a jamais observé de traces de corps organiques, et qui gisent avec les autres roches primitives formant dans celles-ci des couches subordonnées. Cette pierre calcaire contient souvent des substances cristallisées, comme les micas, les quartz, les spinelles, les amphiboles (Voy. § 12), les trémolites, les actinotes, etc.; et quelquefois des substances non cristallisées, comme les asbestes, le talc, etc. Hutton et son commentateur, M.r Playfair, soutiennent que tant dans le Cumberland que dans le Devonshire, on trouve le carbonate calcaire primitif avec des empreintes de corps marins

(1) Le cipolin diffère de la pierre calcaire primitive à grains saccaroïdes, par la quantité de mica et par sa texture fissile, qui fait que les colonnes de cette pierre exposées long-temps à l'action de l'air, s'exfolient comme les feuilles de l'oignon. C'est à cause de cela que les lapidaires italiens l'ont ainsi appelé. On prétend que le cipolin forme des couches subordonnées dans la chaux saccaroïde.

(Voy. *Explication de Playfair sur la théorie de la terre par Hutton*, pag. 54). Quoique j'aie beaucoup d'estime pour ces deux célèbres géologues, je me permettrai de faire quelques réflexions sur le fait qu'ils prétendent avoir observé. Il est certain que la texture et les caractères extérieurs du carbonate de chaux sont sujets à tant de variations, qu'on ne saurait les prendre pour base d'un jugement assuré. Le travertin même ou le calcaire d'eau douce produit par des formations plus récentes, imite quelquefois la structure et le grain du calcaire primitif (1). Ce

(1) Deux savans géologues, MM. Brocchi et Borkowski faisant ensemble le voyage de *Civitavecchia* à la *Tolfa*, examinèrent une colline de pierre calcaire, et en ayant détaché divers morceaux, ils crurent y reconnoître tous les caractères d'un calcaire primitif. Surpris de trouver de semblables roches dans un contrée qu'on ne peut certainement pas dire primitive, ils s'entretenaient ensemble, raisonnaient sur ce phénomène et répétaient leurs observations sur divers échantillons; lorsqu'un homme de la campagne leur dit: *Il est beau ce travertin!* Frappés de ces paroles, ils se mirent de nouveau à examiner la colline dans d'autres parties, et ils aperçurent des indices certains que la pierre est un *travertin*. J'observe qu'en 1785, je trouvai dans la pierre de cette colline, un gros morceau de fémur de bœuf avec son apophyse; je portai à Rome le bloc de pierre avec l'os qu'il renfermait, et j'en fis présent au Muséum du Collége Nazareno où il existe encore. La substance osseuse compacte avait acquis la grosseur de sept lignes, et l'on y remarquait les fibres du corps reticulaire. Si les deux naturalistes que j'ai cités se fussent arrêtés aux premières observations, et qu'ils n'eussent pas reconnu la véritable nature de cette colline, on aurait pu douter qu'un os de quadrupède eût été trouvé dans le calcaire primitif.

Google

n'est donc que par le gisement, qu'on pourra décider à quelle classe appartient une roche. Mais ce même caractère qui est, je dirai presque infaillible, lorsqu'il se prononce d'une manière décisive, peut être fort souvent masqué par des circonstances locales, en sorte qu'il soit assez difficile de le reconnoître avec une exacte précision. Quand le carbonate de chaux forme des couches subordonnées ou des masses renfermées soit dans le granit, soit dans le gneiss, on ne peut pas douter qu'il n'appartienne au même système de formation. Mais le carbonate calcaire dont parlent Hutton et Playfair, paroît bien plutôt appartenir à la classe des roches de transition ou intermédiaires. Je ne connois point d'exemple de calcaire vraiment primitif qui contienne des empreintes de corps marins. Jameson qui devait certainement connoître la géologie de l'Angleterre et des pays ci-dessus mentionnés, en parlant du calcaire primitif (Voy. *Système de chimie* de Thomson, tom. 7, pag. 578), ne fait point mention de corps marins : au contraire à la page 591, en décrivant le calcaire de transition, il dit : « On y trouve des pétrifications » marines de coraux et de zoophites, qui n'existent plus depuis fort long-temps, et qu'on ne » rencontre point dans les formations calcaires » postérieures. Ces pétrifications dans le calcaire » de transition deviennent toujours plus communes

» à mesure que les couches dans leur gisement, » s'éloignent davantage des formations primi- » tives. » Il paroît donc que suivant Jameson, la prèmiere apparition de corps marins se fait remarquer dans le calcaire de transition, comme c'est l'opinion générale des géologues. Lorsque nous traiterons des roches de transition, on verra que souvent quelques-unes de ces roches ont été confondues avec les roches primitives. Observons ensuite que si dans le système de Hutton, le calcaire primitif qu'il appelle *primaire*, a été fondu par l'action de la chaleur souterraine, avant d'être soulevé jusqu'à la superficie de la terre, les coquilles et les corps marins formés aussi de terre calcaire, et fondus avec la pâte qui les renfermait, n'auraient pu conserver leur forme. La compression pourra bien empêcher la combustion et la séparation des parties volatiles, comme, par exemple, de l'acide carbonique, etc.; dans la période du refroidissement, il pourra survenir des séparations de quelques substances, des reproductions de quelques autres, des cristallisations, etc.; mais il nous paroît bien difficile que dans une masse en fusion, les figures des corps organiques soumis à la même fusion, aient pu se conserver intactes.

§ 251. Quelques géologues voyant l'immense quantité de corps marins fossiles qu'on trouve dans toutes les parties du globe, ont cru que

toute la terre calcaire provenait de leurs dépouilles, et de là dérive l'adage : *Omnis calx a vermibus.* Selon ces auteurs, on ne saurait déterminer jusqu'où s'étend le pouvoir de l'organisation animale ou végétale, dans les modifications chimiques des élémens de la matière ; et de même que l'on retire diverses terres et quelques sels, des plantes qui se nourrissent seulement d'eau et d'air ; de même il est probable que les corps marins sont doués d'une constitution telle, qu'ils peuvent produire dans leurs organes, la terre calcaire. Nous voyons de grandes îles entièrement formées de vers marins (Voy. §.es 38 et 49). Que s'il y a sur le globe des chaînes entières de montagnes calcaires dépourvues de toute empreinte de corps organisés, on doit, suivant ces mêmes auteurs, attribuer ce fait particulier aux diverses vicissitudes qui ont détruit les traces de l'organisation. M.r De Faujas a soutenu cette opinion avec une éloquence et une érudition bien capables de lui assurer l'assentiment des naturalistes; mais comme les analyses chimiques démontrent la présence de la terre calcaire (1)

(1) Kirwan a observé que la terre calcaire qu'on retire des roches primitives par le moyen des analyses chimiques est dans l'état de causticité ; d'où il conclud que la production de l'acide carbonique est postérieure à la consolidation des roches dites primitives. Mais cette conséquence ne me paroît pas exacte. Le gaz acide-carbonique peut se dissiper d'une manière imperceptible

parmi les élémens des roches primitives dont la consolidation paroît antérieure à l'existence des corps organiques, je crois qu'il est beaucoup plus probable d'admettre une terre calcaire primitive, qu'on peut comparer à ces autres terres que nous regardons aussi comme primitives, telles que les siliceuses, les alumineuses, les magnésiennes, etc., et antérieure à celle qui provient des vers et des corps organiques marins qui la produisent, parce qu'ils la retirent de l'eau dans laquelle ils vivent, et qui entre en grande partie dans leur nourriture. L'existence des corps marins ne pouvait être antérieure à celle de la mer qui est l'élément propre à leur organisation, et l'existence de la mer suppose celle de son lit et de son fond, et par conséquent l'existence des substances pierreuses et terreuses parmi lesquelles on n'en voit point qui ne contienne de la terre calcaire.

§ 252. Dans les montagnes primordiales, on trouve fréquemment les carbonates et les fluates calcaires unis à d'autres substances primitives. Nous pourrions citer beaucoup d'exemples à l'appui de ce fait; De Luc en rapporte plusieurs dans ses observations géologiques sur la matière

---

dans le cours de l'analyse; il y a des marbres calcaires primitifs qui ne font point effervescence du moins sensiblement; et dans les granits, on trouve des spaths calcaires, qui font effervescence avec les acides.

calcaire (Voy. *Journal de physique*, tom. 55, pag. 245), auxquels nous ajouterons les suivans : Saussure en parlant de la fameuse grotte de cristaux quartzeux, dite du Sand-Balm, à la base du Saint-Gothard, près de Gestinen, décrit quelques filons ou grands amas de spath calcaire qu'on voit dans les excavations qu'on a pratiquées dans cette montagne granitique. Ce spath est d'un beau blanc, peu transparent, mais toujours cristallisé en parallélipipèdes rhomboïdaux ; les amas ou filons ont 3 et même 4 pieds de grosseur, et sont adhérens à la roche granitique. Le fluate calcaire forme souvent des couches subordonnées dans les granits. On trouve dans ceux de *Baveno*, le fluate calcaire aussi cristallisé avec les feld-spaths et les quartz, et j'y ai vu des masses de carbonate calcaire spathique, de fracture rhomboïdale, unies aux autres élémens du granit.

§ 253. Le calcaire primitif occupe une place distinguée dans toutes les formations primitives, et il n'y a peut-être pas d'extension considérable de formation primitive dans quelque point que ce soit de la superficie terrestre, qui ne le contienne. Il forme rarement des montagnes, mais on le rencontre ordinairement en couches subordonnées. Dolomieu l'a trouvé dans les hautes montagnes du Tyrol ; Patrin dans celles de la Sibérie ; Faujas dans le nord de l'Écosse sous

un banc de porphyre ; Saussure dans les Alpes parmi les gneiss et les schistes micacés ; Héricart de Thury dans la montagne de Chalanches, mêlé avec les roches granitiques, micacées et amphiboliques ; Ramond dans le Pic du Midi près de Bagnères, département des hautes Pyrénées, alternant avec les couches de granit, et il montra à La-Pérouse le granit en bancs, en masses, en nœuds et en veines dans la pierre calcaire (1) et à côté des ardoises (Voy. *Voyage au Mont Perdu*, pag. 35). Sur les rives du Lario, entre les roches de schiste micacé, nous avons un gros filon de calcaire primitif qu'on voit à la superficie de la terre, dans l'endroit appelé Sainte Euphémie, près de Musso, sur la plage occidentale du lac, et

---

(1) Charpentier en parlant des Pyrénées (Voy. *Journal des mines*, février 1813), assure qu'une des particularités les plus singulières qu'on remarque dans les terrains primitifs des Pyrénées, est sans doute l'interposition des couches calcaires entre les granits, et il indique six lieux dans lesquels on peut observer ce phénomène. Nous ne devons pas passer sous silence la grande et belle couche calcaire des montagnes de Labour. Ce calcaire est d'une couleur blanche-grisâtre ou jaunâtre, très-cristallin et à gros grains. Frotté ou frappé, il exhale une odeur idro-sulfureuse. Réduit en poussière, et jeté sur des charbons ardens, il donne une lumière phosphorique d'un jaune rougeâtre. Il contient de la plombagine, du talc lamelleux vert, du mica argentin, de l'amphibole blanche soyeuse, de la chaux fluatée violette, de l'hématite rouge et du fer sulfuré. Cette couche qui a plus de 4 lieues d'étendue, est intercalée dans un granit, tantôt à gros grains, tantôt à petits grains, et qui passe souvent à l'état de gneiss.

à Piona, sur la rive orientale. Ce filon est probablement le même qu'on remarque à Ornavasso et à la Candoglia près du lac Verbano. Enfin Ébel prouve par beaucoup d'exemples, que dans toutes les parties connues du monde, on trouve abondamment le calcaire primitif mêlé avec les autres roches primordiales, comme cela résulte des observations faites en Europe, en Asie et en Amérique; d'où il tire la conséquence, qu'il est plus que vraisemblable que dans aucun lieu de la terre, il n'existe de masses considérables de roches primordiales, sans calcaire primitif; et que celui-ci occupe une place importante parmi les roches de première formation. Si donc la formation des roches primitives a précédé le développement de l'organisation animale et végétale, ainsi que cela est démontré par toutes les observations faites jusqu'à présent dans les diverses parties du globe, on doit nécessairement admettre un calcaire primitif indépendant de l'organisation animale.

Google

CHAPITRE XLI.

Les caractères physiques et chimiques du calcaire primitif ne sont point en opposition avec sa fluidité ignée originaire.

§ 254. Dès l'an 1798, époque à laquelle on ne parlait pas encore des belles expériences de Hall, lesquelles ne furent connues qu'à la fin de l'an 1804 (1), j'annonçai que je soupçonnais que quelques roches calcaires avaient souffert l'action du feu. Cependant je ne proposai une pareille idée qu'avec cette timide réserve dont il convient d'user lorsqu'on hasarde une conjecture contraire à la manière de penser communément reçue, et à laquelle on n'a pu encore donner pour appui des expériences décisives. Voici comme je m'exprimais, pag. 367 de la *Topographie physique de la Campanie*, imprimée à Florence en 1798: « Il y aura donc des marbres calcaires, » qui, non-seulement auront souffert l'action » du feu, mais qui lui devront encore leur

(1) M.r Hall communiqua ses expériences à l'Académie d'Édimbourg dans le mois d'août 1804. Ces expériences furent publiées dans le mois de décembre de la même année et insérées dans la Bibliothèque britannique. Elles obtinrent ensuite beaucoup de célébrité lorsqu'elles furent imprimées en un volume, à Genève, 1807, par les soins de M.r Pictet.


Digitized by Google

» consistance et leur texture actuelles? Le grand » rocher de marbre de Carrare pourra donc » être l'ouvrage du feu? Je prévois l'impression » peu favorable que ce doute pourra faire sur » l'esprit de beaucoup de gens. Dans toute science, » il y a certaines idées fondamentales qu'on a » reconnues pour vraies d'un consentement una- » nime : oser les combattre, ou proposer des » objections contre ce que le plus grand nombre » regarde comme évident, c'est s'exposer à la » dérision .... Peut-être un jour serons-nous con- » vaincus que dans la formation du globe et » des substances qui le composent, le feu a » beaucoup plus agi qu'on ne le croit commu- » nément. Peut-être retournerons-nous aux sys- » tèmes des Buffon, des Leibnitz, des Moro » et de plusieurs écoles des anciens ; mais ce » sera par une voie digne de ce siècle, c'est-à- » dire, par celle de l'observation et de l'expé- » rience qui est la seule qui conduise à la vérité. »

§ 255. Mes doutes étaient fondés sur le fait suivant : le Vésuve a rejeté de son sein, beaucoup de morceaux détachés d'une pierre calcaire, lesquels paroissent n'avoir point été altérés par le feu. Plusieurs de ces morceaux ressemblent parfaitement au marbre calcaire primitif, et l'on en voit même quelques-uns à grain petit et saccaroïde, qui présentent très-souvent le phénomène de la phosphorescence par le frottement.

Ces pierres ont été très-fréquentes dans les anciennes éruptions par lesquelles fut produit le mont Somma (le Vésuve de Strabon) qui a la forme d'un demi-amphithéâtre et environne en partie le Vésuve actuel. Elles ne sont pas entièrement étrangères aux éruptions modernes, puisqu'en parcourant un jour le cône du Vésuve, je trouvai sur sa superficie, un gros morceau de pierre calcaire, à gros grains écailleux, semblable à une des variétés de marbre grec. M.r Ménard dans ses *Observations sur l'état du Vésuve*, imprimées à Paris en 1815, pag. 75, dit avoir aussi observé autrefois un morceau de marbre blanc sur le cône du Vésuve en descendant du côté de Bosco. On croit communément que ces pierres n'ont pas été exposées à l'action du feu, mais qu'elles ont été détachées des couches internes de la terre et lancées par la force des explosions du volcan; mais comme ce volcan s'est formé à la base des Apennins calcaires (1), il est

(1) L'Apennin voisin du Vésuve, est formé de pierre calcaire coquillière, comme le démontrent les poissons fossiles de *Stabia*, les corps marins microscopiques de *Castellamare* et les orthocératites de *Vico*. Dans le *Journal de physique* (août 1810), on rapporte quelques analyses de dolomies, faites par Klaproth; et entr'autres, l'analyse d'une dolomie prise de l'Apennin de *Castellamare*. Comme je n'ai observé dans cette contrée, aucune variété de pierre calcaire primitive, je me crois autorisé à dire que Klaproth a travaillé sur un morceau erratique, ou lancé par le Vésuve qui est dans le voisinage, ou provenant des ruines de

probable que son action se soit principalement dirigée sur cette pierre. Un savant naturaliste de mes amis, M.r Thomson, se trouvant à Castellamare, et examinant quelques pierres qui provenaient de la démolition d'un four dans lequel on avait calciné de la pierre extraite des collines voisines, observa que quelques-unes de ces pierres avaient perdu leur couleur et étaient devenues blanches; et que d'autres dépouillées de leur forme granulée primitive, avaient pris l'apparence du marbre blanc, à gros grains plus ou moins cristallisés, et compacte. Dans la riche collection minéralogique de M.r Thomson, j'ai eu plusieurs fois le plaisir d'observer la précieuse série d'échantillons dans lesquels on pouvait suivre toutes les modifications produites par le feu, sur la pierre calcaire commune de l'Apennin, depuis son état naturel jusqu'à sa parfaite transformation en marbre calcaire.

§ 256. Les savans compilateurs de la Bibliothèque britannique, fidèles à l'engagement qu'ils ont pris de rapporter toutes les découvertes qui

---

quelque ancien édifice. Parmi les marbres nobles employés par les anciens, on trouve fréquemment la dolomie, et l'on ignore de quelle contrée de la Grèce on la tirait. Dolomieu, à la mémoire duquel on consacra la dénomination de cette pierre, fut le premier à en observer quelques morceaux dans les ruines du mont Palatin à Rome; et j'en ai trouvé moi-même de fort belles plaques dans les ruines du temple de Sérapis à Pouzzole (Voy. § 47).

peuvent intéresser la géologie, n'ont pas négligé la belle observation de Thomson, sur laquelle ils ont d'ailleurs fait cette réflexion très-judicieuse (Voy. vol. 8) qu'il est possible que dans les couches calcaires dont on extrait la pierre pour faire de la chaux à Castellamare, il y en ait quelques-unes de texture granulaire ou saline qui, par l'action du feu, perdent le principe colorant auquel elles doivent leur teinte grisâtre, et présentent en sortant du four, l'apparence d'un marbre blanc comme celui de Carrare. Ce raisonnement est fondé sur l'observation, que, parmi les bancs coquilliers dont ou tire la pierre de chaux sur la montagne de Salève, près de Genève, on voit des veines cristallisées, dont la texture est purement saline, et qui ne renferment point de dépouilles de corps organiques. S'il en était de même dans l'Apennin, on pourrait croire que les couches de cette espèce de roche, décolorées par le feu, ont pris l'apparence du marbre.

§ 257. Il est à souhaiter que les minéralogistes napolitains qui peuvent facilement répéter l'observation de Thomson, veuillent bien s'occuper de ce fait qui mérite d'être confirmé ou rectifié. Autant que je puis le rappeler à ma mémoire, la pierre calcaire et la série des échantillons que j'ai examinés plusieurs fois, présentaient des phénomènes qui excluaient les doutes de MM.

les compilateurs de la Bibliothèque britannique ; et je me souviens fort bien d'un gros parallélipipède scié et poli, dans lequel une partie conservait encore son grain et sa couleur naturelle, qui, pourtant par une gradation insensible, se modifiait au point, que la pierre semblait s'être transformée en marbre salin ; et que malgré l'action du feu auquel elle avait été exposée, elle avait conservé un degré de dureté qui la rendait susceptible de recevoir le poli, et retenu son acide carbonique. Cet échantillon doit appartenir maintenant au Muséum de l'Université d'Édimbourg, où fut transportée la précieuse collection de Thomson : il faisait partie de l'une de ces séries que ce savant naturaliste avait formées pour éclaircir plusieurs point de géologie. Quoique les conséquences qu'on peut déduire des échantillons dont je viens de parler, soient peut-être contraires aux théories de l'illustre professeur de cette Université, M.r Jameson, j'espère néanmoins qu'il ne négligera pas les occasions qui pourraient se présenter, de donner à la collection vésuvienne de M.r Thomson, la publicité qu'exige l'amour de la science.

§ 258. L'acide carbonique ne peut point se séparer du carbonate calcaire pendant que celui-ci exposé à l'action du feu, se trouve comprimé et resserré par d'autres substances qui empêchent le contact libre de l'air et le dévoloppement des

gaz ; et il est probable que les échantillons recueillis par Thomson, étaient situés dans l'intérieur du mur de la fournaise. Parmi les divers corps qui furent enveloppés par la lave du Vésuve de 1794, il y eut quelques pierres calcaires, qui, depuis retirées des excavations faites dans la lave, font effervescence avec les acides, et possèdent leur acide carbonique dont elles ne purent se dépouiller, vu la compression de la lave qui les resserrait : c'est ainsi que les arbres saisis et recouverts par la lave, brûlent à la partie supérieure exposée à l'air ; tandis qu'ils se conservent presque intacts et ne sont que légèrement noircis à la superficie du tronc qui se trouve en contact immédiat avec la lave. Voigt dans son *Voyage minéralogique aux monts basaltiques de la Hesse*, lettre première, parle d'un basalte qui contenait des morceaux angulaires de pierre calcaire laquelle n'était pas du tout altérée, et cherchant la raison de ce phénomène, il juge qu'on doit l'attribuer soit au peu de chaleur de la lave, ce qu'il ne croit pourtant pas probable, soit à la difficulté qu'il y a de calciner la pierre sans le concours de l'air. Le savant géologue Hausman de Gothingue m'a raconté, qu'ayant examiné quelques pierres calcaires dont on s'était servi pour la construction de hauts fourneaux de fusion de fer, dans la Wermolandie, en Suède, il trouva que celles qui avaient été placées au

fond ou sur les parois voisines, n'étaient nullement altérées; et il est à remarquer qu'au commencement de l'opération, c'est-à-dire, avant que le minéral se fonde, les pierres même s'attendrissent et deviennent molles au point que, suivant l'expression de Hausman, une verge de fer peut y pénétrer aussi facilement que dans la neige. L'eau qui sous une compression bien moindre, bout et se réduit en vapeur à une température beaucoup plus basse, la compression venant à croitre, exige une température proportionnellement plus élevée, ce qui prouve qu'il y a des corps capables de résister à une très-grande chaleur, sans évaporation ou dispersion de leurs parties volatiles, pourvu qu'ils soient fortement comprimés. L'idée que la pierre calcaire primitive avait souffert l'action du feu et qu'elle lui devait son aspect et son grain cristallin, n'était donc pas absurde.

§ 259. Ce qui n'était cependant en 1798, qu'une simple et vague conjecture à laquelle une observation isolée avait donné lieu, est devenu beaucoup plus probable par les belles expériences de M.r James Hall. Depuis l'illustre Lavoisier, pour me servir de l'expression de M.r Pictet, on n'a vu aucun individu faire de si grands sacrifices, et des sacrifices si utiles à la science, que ceux par lesquels M.r Hall s'est distingué dans ses recherches qui offrent un

modèle de persévérance et de sagacité dans l'invention et la conduite de quelques centaines d'expériences délicates, difficiles et quelquefois dangereuses. Le recueil authentique des principaux produits de ces expériences fut déposé au Muséum britannique en 1804, et le double fut envoyé à l'Institut de France. Malgré cela, il ne paroît pas qu'on ait donné à cet intéressant travail, toute l'attention qu'il mérite. On ne pouvait pas nier les faits; on en a dissimulé les conséquences, et les phénomènes sont tombés dans l'oubli. Peut-être faut-il attribuer un pareil oubli à la prépondérance qu'ont sur l'esprit des géologues les principes du système neptunien peu favorisés par ces expériences. Que d'efforts n'a-t-on pas dû faire pour débarrasser la physique, des qualités occultes? La grande ame de Galilée ne put s'en délivrer entièrement. Il est probable que le même sort est réservé, en géologie, à ces mystérieux dissolvans qu'on a supposés exister dans l'eau lors de la première formation du globe. Peut-être encore l'invraisemblance qu'on ne peut que remarquer dans quelques parties de la théorie de Hutton, a-t-elle contribué à faire négliger des expériences faites pour soutenir cette théorie. Mais ce ne serait point le premier exemple de vérités importantes qu'une opinion erronée aurait fait découvrir. L'hypothèse de Hutton sera fausse pour ce qui

regarde l'existence actuelle du feu agissant au-dessous du fond de la mer avec un tel degré d'intensité, qu'il soit capable, d'abord de changer en couches solides et compactes, les débris du continent charriés et distribués par les eaux; puis de soulever et renverser ces couches, et de produire de cette manière de nouveaux continens: mais il peut être vrai que le feu ait agi dans la première formation du globe et des substances qui accompagnèrent la première période de son existence; et enfin ce que Hall a démontré par des expériences réitérées et décisives, sera toujours vrai, savoir, que si l'on expose à l'action d'une chaleur intense et sous une forte compression, la pierre calcaire réduite en poudre, on la verra se régénérer en pierre effervescente dans les acides, ayant la dureté et le grain des marbres salins; on verra aussi ses parties internes, là où elles trouveront des vides convenables, prendre la figure rhomboïdale qui convient au spath calcaire. Qu'on réfléchisse sérieusement sur ce phénomène qui nous présente une cristallisation pierreuse régulière de carbonate de chaux, produite par l'action du feu. Comme l'ouvrage de M.r Pictet ci-dessus cité, est dans les mains de tous les géologues, j'ai cru pouvoir me dispenser de rapporter en détail les expériences de M.r Hall, et je me suis borné à indiquer le principal résultat de ces expériences, relativement à la pierre calcaire.

§ 260. J'observerai ensuite que même sans la compression, et par la seule action d'une chaleur très-intense, Bucholz a obtenu de la craie pulvérisée, une substance analogue au marbre. Voulant préparer de la chaux vive, il mit dans un creuset de Hesse, quatre livres et demie de craie pure et lavée, et la couvrit avec une brique. Il laissa le creuset pendant une heure, dans un fourneau à vent, exposé à un feu rouge-clair, d'abord violent. Examinant ensuite la craie contenue dans le creuset, il trouva qu'elle avait diminué d'un sixième de son volume. La partie qui était à la superficie et près des côtés du creuset, était transformée en chaux vive jusqu'à une ligne de profondeur; mais ensuite venait une masse très-dure et solide, à demi-fondue, d'un blanc jaunâtre et tirant insensiblement sur le rougeâtre. La texture de cette masse était laminaire et si dure que dans quelques endroits, elle coupait le verre. Sous cette masse schisteuse, il y en avait une autre qui présentait des signes de fusion encore plus évidens. En faisant dissoudre cette craie fondue, dans l'acide muriatique, elle perdait $\frac{45}{100}$ d'acide carbonique, qui, doué de toutes ses qualités, n'avait éprouvé aucune altération. On peut déduire de ces faits, que, si parmi les diverses matières, qui, lors de la première formation du globe, étaient tenues dans l'état de fluidité par le calorique disséminé et

interposé entr'elles, si, dis-je, il y avait aussi la terre calcaire et le carbone, là où celui-ci s'est combiné avec l'oxigène, et est passé à l'état d'acide, il est très-probable que n'ayant pu prendre la forme gazeuse, soit à cause de la compression exercée par les substances superposées, soit par telle autre circonstance, il s'unit avec les particules calcaires qui lui étaient contigues. L'affinité qui existe entre ces corps dans la température ordinaire de l'atmosphère, devait être beaucoup plus considérable lorsqu'il y avait une grande quantité de calorique qui modifie singulièrement les affinités des corps.

Digitized by Google

CHAPITRE XLII.

Réponse à l'objection du professeur Pino.

§ 261. Ce savant naturaliste dans ses *Réflexions sur les systèmes géologiques*, m'a fait l'objection suivante : « Le calorique élevé à une haute » température, tend à séparer l'acide carbonique » d'avec la chaux lorsque ces deux substances » sont unies ensemble: comment dans une masse » fondue, pouvait-il donc ne pas empêcher leur » union? » Il me paroît que M.r Pino n'a pris en considération ni les effets de la compression, ni le jeu des affinités qui sont extrêmement modifiées par la chaleur. Les alliages métalliques ne s'effectuent que par le moyen de la chaleur; et le soufre mis en contact avec le gaz oxigène, ne se combine avec ce dernier, que dans une température élevée au point de le rendre fluide. La chimie ne peut produire l'acide carbonique qu'en combinant le carbone avec l'oxigène dans la température de la chaleur rouge. M.r Pino reconnoît pour vraies tant les expériences de Hall, que l'observation de Thomson ci-dessus rapportée, desquelles il résulte que malgré l'action exercée par le calorique, la compression peut empêcher l'acide carbonique de se séparer de la

terre calcaire. L'expérience de Bucholz que j'ai précédemment rapportée, démontre qu'on peut obtenir cet effet même sans la compression ou du moins sans une compression considérable. Les faits prouvent donc qu'il y a des circonstances dans lesquelles la force divellente du calorique est détruite ou suspendue. Je ne vois par conséquent rien qui répugne à la supposition que les molécules de l'acide carbonique venant à se rencontrer avec d'autres molécules de chaux pure, dans une température très-élevée et sous un certain degré de compression, peuvent se combiner ensemble et former un carbonate calcaire. Les chimistes n'ignorent pas combien grande est la force de l'attraction qui existe entre la chaux pure et l'acide carbonique.

§ 262. Quelque temps après la publication de mon *Introduction à la géologie*, on imprima à Paris l'ouvrage de Lenglet, sous le titre d'*Introduction à l'histoire et recherches sur les dernières révolutions du globe et des plus anciens peuples connus.* L'auteur parlant de la fluidité ignée primitive du globe, élève la même difficulté que M.r Pino, et dit que les substances acidifères le mieux connues et les plus communes, sont les carbonates, les sulfates et les phosphates calcaires; or un degré de chaleur peu considérable suffit pour séparer ces acides de leurs bases; donc un embrasement général n'a pas pu les combiner;

Digitized by Google

cependant le même auteur donne la réponse suivante: En supposant que la température du globe s'élève progressivement à un degré tel que l'eau de la mer s'évapore, et que toutes les pierres calcaires soient dépouillées de leur acide et réduites en chaux vive; en supposant encore que la masse de l'atmosphère accrue des premiers gaz et des premières vapeurs, ne s'opposât pas invinciblement au développement des autres, on conçoit que de semblables matières fondues et volatilisées, reprendraient peu à peu, à chaque degré de refroidissement, leur primitive fluidité ou solidité: on conçoit encore que les combinaisons détruites par les accroissemens de chaleur, pourraient se former de nouveau, pendant la diminution de cette chaleur; par exemple, à mesure que les eaux suspendues dans l'atmosphère, se précipiteraient, la chaux vive d'abord mise en effervescence, puis réduite en poudre, et enfin dissoute, se combinerait avec ce fluide; et cette combinaison pourrait continuer jusqu'au degré de saturation, c'est-à-dire, jusqu'à ce que la quantité de la chaux dissoute fût à la masse entière de l'océan comme 1:500. Dès-lors, le gaz acide carbonique, le plus pesant des gaz de l'atmosphère, se trouvant en contact avec la superficie de l'eau, serait progressivement absorbé par ce fluide, et se combinant avec la chaux dissoute, ne manquerait pas de la précipiter.

§ 263. Le raisonnement de Lenglet, quelque juste qu'il paroisse, et quoiqu'il concorde avec les notions chimiques, ne peut convenir à notre hypothèse, puisque nous concevons la formation des roches calcaires primitives indépendamment du concours de l'eau. Ce raisonnement démontre du reste que si quelquefois l'acide carbonique se sépare de la terre calcaire, d'autrefois il se combine avec elle spontanément, ce qu'on peut observer dans la pellicule de l'eau de chaux. La consolidation des roches calcaires primitives, contemporaine de celle des granits et des gneiss avec lesquels elles ont un gisement commun, eut lieu pendant le refroidissement de la superficie, et ce refroidissement fut produit par le développement des gaz parmi lesquels se trouvait aussi l'acide carbonique. Il est donc naturel de supposer que cet acide rencontrant la chaux, se combina avec elle.

CHAPITRE XLIII.

Des roches magnésiennes.

§ 264. A la classe des pierres magnésiennes appartiennent les serpentines, les *gabbro* des Florentins, les stéatites, les talcs, les ollaires et les pierres dont l'emploi est très-fréquent dans les pays sous-alpins de l'Italie, sous le nom de *laveggi*, non-seulement en architecture, mais encore pour les usages doméstiques; on s'en servait du temps de Pline, et aujourd'hui on en use dans la haute Égypte et chez les pauvres Groëlandois qui y allument l'huile de poisson, unique moyen d'éclairer leurs huttes pendant les éternelles nuits de ce climat rigoureux, et y font cuire les chairs de l'ours glacial et du veau marin dont ils se nourrissent. Parmi les roches magnésiennes, on faisait figurer autrefois la roche appelée *pierre-de-lard* ou stéatite de la Chine, très-onctueuse au toucher; mais d'après les analyses de Klaproth, qui ne trouva dans cette pierre aucune trace de magnésie, elle fut rayée de la liste des substances pierreuses magnésiennes, et indiquée par les noms de *pagodite, agalmatotithe,* ou même de *bildstein.* Quelques armes tranchantes de certains peuples sauvages qui ignorent

l'usage des métaux et la manière de les travailler, sont formées d'une serpentine compacte, qui souvent sert encore de pierre de touche lorsqu'indépendamment de sa compacité, elle est d'une couleur sombre et uniforme. Tous les chimistes les plus expérimentés, comme Bayer, Kirwan, Wieglebe, Chénévix conviennent que dans les serpentines communes et dans les pierres ollaires, on peut admettre la magnésie depuis le $\frac{23}{100}$ jusqu'au $\frac{38}{100}$. Dans les stéatites communes, selon les analyses de Klaproth et de Vauquelin, la magnésie est en moindre quantité, et varie du 20 : 50 au 30 : 50.

§ 265. Les géologues ont pendant long-temps négligé de s'occuper des roches serpentineuses, et de leurs premiers travaux, a résulté une grande confusion de termes, ces pierres se trouvant désignées sous les noms tantôt de *gabbro*, tantôt de granits; ici de serpentines, là de siénites serpentineuses; ailleurs de granits serpentineux, et enfin de grünstein primitif. Maintenant les idées étant un peu plus rectifiées, on reconnoît, en premier lieu, que la roche dite *vert de Corse* est composée de diallage verte qu'on appelle encore *smaragdite* (schiller-spath des Allemands), dans une base analogue à cette substance que Saussure a nommée *jade*, et qui, en l'honneur de celui qui a été le premier à l'observer, a reçu le nom de *saussurite*. Cette roche est tout-à-fait

semblable à une autre qui fut trouvée en place dans les Alpes de la vallée de Sass, après que Saussure l'eut observée erratique, mais en grande abondance sur le Jura et dans le pays de Vaud: depuis on l'a rencontrée dans le Mussinet près de Turin, dans quelques monts de la Ligurie, de la Toscane, du Modénois, et dans différens lieux de l'Allemagne et de la Norvège. Quelquefois la diallage au lieu d'être verte et de couleur d'émeraude, est d'un gris obscur ou métalloïde, et alors on l'appelle *bronzite;* et quelquefois aussi elle est enveloppée non dans la jade, mais dans le feld-spath. Il est très-probable que la diallage verte et celle nommée métalloïde, sont deux variétés d'une même substance, la première produite par une dose de chrome qui s'y trouve uni, et qui manque totalement dans la seconde, ou s'y trouve en moindre quantité. Haüy pense qu'on doit ranger la jade dans la classe des feld-spaths: peut-être la soude qu'elle contient produit-elle ces caractères qui la font distinguer des feld-spaths communs dans lesquels se trouve la potasse. Ce ne sera que d'après une exacte analyse comparative, qu'on pourra décider si la saussurite doit ou ne doit pas être assimilée au feld-spath. Je me bornerai à dire que dans une série d'échantillons recueillis par Brocchi, à Prato, en Toscane, j'ai vu quelques morceaux de cette roche que les Florentins appellent *granitone*, dans

lesquels la saussurite se présente avec un aspect et une texture laminaires si décidés qu'on la prendrait pour un vrai feld-spath, si dans d'autres parties des mêmes masses, on n'apercevait clairement la jade. Cette analogie avec le feld-spath peut s'accroître encore par le degré de fusibilité qui convient aux deux substances. Comme ces sortes de roches composées de jade, ou de feld-spath et de diallage, verte ou métalloïde, n'avaient pas encore de nom particulier parmi les minéralogistes, et que celui de *granitone* des Florentins en donne une fausse idée, De Buch (Voy. son *Mémoire sur le gabbro dans le magasin des curieux de la nature, de Berlin* 1810, *second cahier*) proposa de les comprendre sous la dénomination de *gabbri.* Haüy a donné à la même roche le nom d'*euphotide*, qui a été adopté par Brongniart.

§ 266. En second lieu, on a observé que le *gabbro* de De Buch (*euphotide* d'Haüy) est une roche qui a beaucoup d'affinité avec la serpentine tant par son gisement, que par les parties dont il se compose, en sorte que la seule différence qu'il y a entre ces deux espèces de roches, consiste en ce que dans le gabbro, les parties composantes sont distinctes et visibles, tandis que dans la serpentine, elles sont mêlées ensemble en grains petits et très-déliés. Souvent aussi ces deux roches non-seulement ont un gisement

commun dans la même contrée, et le gabbro ou l'euphotide est le fidèle compagnon de la serpentine, mais encore dans une même roche serpentineuse, on observe les parties du gabbro, savoir, la diallage et la saussurite ou le feld-spath. En Italie et dans les pays où l'on trouve le gabbro, on rencontre aussi la serpentine, comme dans la Ligurie, dans le Modénois, dans la Toscane, etc. Il me paroît donc qu'afin d'éviter toute confusion de termes, on peut adopter la dénomination de gabbro proposée par De Buch, ou si l'on veut encore celle d'euphotide, pour les roches composées de diallage soit verte, soit métalloïde, et de saussurite ou de feld-spath; et qu'on doit réserver le nom de *serpentine* pour les pierres magnésiennes dans lesquelles on ne saurait distinguer les composans du gabbro, ou dans lesquelles ces composans, s'ils sont apparens et visibles, se trouvent du moins épars et renfermés dans une pâte commune. Je pense aussi que le nom de grünstein primitif introduit par quelques minéralogistes allemands, ne peut convenir au gabbro, puisque, selon leurs mêmes principes, le grünstein contient essentiellement l'amphibole et quelquefois le pyroxène, substances tout-à-fait différentes de la diallage. Les serpentines sont colorées par l'oxide de fer, et quelquefois par celui de chrome (Voy. *Annales du Musée de Paris*, tom. 19); beaucoup attirent

l'aiguille aimantée, et quelques-unes présentent encore le phénomène de la polarité, ce qui est l'effet du fer magnétique qui y est souvent renfermé.

§ 267. La serpentine est quelquefois en couches subordonnées dans les roches primitives; mais d'autrefois elle existe d'une manière indépendante et forme par elle-même des montagnes. Les serpentines dites nobles, comme le *vert-antique*, le *vert de Suse*, dans lesquelles il y a toujours quelque mélange de parties calcaires, se trouvent en couches subordonnées à d'autres roches: cependant celles, qui, au lieu de parties calcaires, contiennent du talc, de l'asbeste, de la stéatite, des grenats, de la diallage, du fer magnétique, etc., forment des masses considérables en Europe, dans les Alpes, dans le Tyrol, dans le pays des Grisons et dans la Ligurie orientale où, suivant Viviani, elles composent le noyau des montagnes. Ordinairement on ne les trouve pas à de grandes hauteurs; cependant la sommité du mont Cervin peu distant du mont Rosa, a été reconnue par Saussure, pour être de la serpentine, quoique cette sommité soit élevée de 2309 toises au-dessus du niveau de la mer: et dans le même mont Rosa, la serpentine se montre à 1506 toises de hauteur, et alterne avec le calcaire micacé; d'où l'on peut déduire la contemporanéité de leur formation. Humboldt a observé en Amérique, la

serpentine alternant avec la siénite (*Tableau physique*, etc., pag. 125); et dans l'*Essai politique sur le royaume de la Nouvelle Espagne*, il raconte que dans l'excavation du grand puits de la mine de Valenciana, on découvrit des bancs de siénite, de schiste amphibolique et de véritable serpentine qui alternaient entr'eux. Ce phénomène de la siénite alternant avec la serpentine, se fait encore remarquer dans l'île de Cuba, près du village de Regla, et cette serpentine abonde en diallage chatoyante. M.r Cordier ayant examiné les gîtes serpentineux de la Haute Vienne, de la Corrèze, du Lot et de l'Aveyron, a déduit l'existence d'une couche puissante de cette roche au pied du revers occidental des montagnes de l'intérieur de la France sur une étendue d'environs 50 lieues, au milieu des granits et du gneiss. Dans quelques lieux de l'Italie, du côté de la Méditerranée comme de celui de l'Adriatique, on voit la serpentine former des groupes plus ou moins étendus, séparés les uns des autres par des intervalles de plusieurs milles, ce qui a fait penser à Brocchi (Voy. *Conchiologie fossile sous-apennine*, pag. 37) que la serpentine est la roche primitive sur laquelle se sont élevées les montagnes de l'Apennin. Cependant dans un endroit de cette branche de l'Apennin qui passe au nord-est du Vésuve, j'ai observé le calcaire placé sur le mica-schiste (Voy. *Voyages physiques*

et lithologiques dans la Campanie, tom. I, pag. 25). D'après les observations faites par De Buch, sur les roches qui sont autour du Cap-Nord, dans la Silésie, dans la Ligurie, et à Prato en Toscane, la diallage appartient aux dernières chaînes des formations primitives, et touche de près les formations de transition, ce qu'on peut dire encore de la serpentine qui la contient ordinairement.

§ 268. Je ne connois point de produit volcanique dont les caractères ressemblent à ceux de la serpentine, et l'on sait l'imposture de quelques lapidaires napolitains, qui, sous la fausse dénomination de lave du Vésuve, vendent des morceaux de serpentine qu'ils ont travaillés et qu'ils trouvent sur la plage de la mer où ils ont peut-être été jetés par des vaisseaux auxquels ils servaient de lest. Mais je lis dans le voyage d'Islande, par Mackensie, que les couches d'amygdaloïde volcanique de la montagne d'Akkrefell, sont traversées par des veines de serpentine d'environ 4 pieds de grosseur, ce qui peut nous porter à croire que cette serpentine est d'origine volcanique, puisqu'elle a son gisement dans une montagne volcanique, et qu'elle est renfermée dans une substance évidemment volcanique. Patrin dit encore que dans le Limousin, en France, il y a une serpentine qui a été regardée par quelque savant naturaliste, comme volcanique, et il pense

lui-même que la polarité dont sont douées quelques serpentines, et qui leur est commune avec les prismes basaltiques, peut donner lieu à conjecturer une identité d'origine. La raison sur laquelle il fonde sa conjecture, ne me paroît pas fort solide. Je ne conteste point que l'origine de la serpentine de Limoges ne puisse être volcanique, parce que j'ignore les circonstances géognostiques de la formation de cette pierre. Je ne dirai pas néanmoins que les serpentines qui se trouvent unies aux roches primitives, ou constituent des roches indépendantes, soient des produits volcaniques, parce que je crois que les volcans n'existaient point lors de la première consolidation de la superficie terrestre; mais je ne vois pas de motif qui m'engage a penser que le feu n'a pu contribuer à la formation des roches magnésiennes, de la même manière qu'il me paroît avoir coopéré à la production du calcaire primitif, quoiqu'il n'y ait point de produit volcanique qui participe aux caractères de cette roche. Parmi les variétés de la serpentine, celle dite *noble* ou vert-antique (1), est composée de parties calcaires fort considérables et de parties

(1) Le vert-antique dont nous parlons ici, est différent du *vert-antique* des lapidaires qui ont donné ce nom au porphyre vert, *ophyte* des Français. Le vert-antique composé de parties magnésiennes et calcaires, est cette roche que Brongniart a appelée *ophi-calce* veinée.

de serpentine verte. Dans ce beau marbre, on observe que souvent les parties calcaires blanches ont été pénétrées dans leurs contours, par la substance magnésienne verte qui s'y est insinuée jusqu'à une certaine profondeur, perdant graduellement sa couleur, ce qu'on ne saurait expliquer sans concevoir un état de fluidité dans lequel les deux substances douées d'une diverse couleur et d'une nature différente, se sont réciproquement pénétrées jusqu'à un certain point. Il est vrai que le même effet peut avoir lieu si l'on suppose les deux substances dissoutes dans un fluide aqueux, mais il me semble inutile de répéter ce que j'ai déjà dit sur la fluidité des roches primitives. J'observerai enfin que M.r Faujas (Voy. sa *Classification des produits volcaniques*, pag. 652) dans une lave noire compacte du volcan de Valmaargne, près de Montpellier, a trouvé la diallage verte, substance assez commune dans la serpentine, qui souvent renferme aussi les grenats (Voy: ce que nous avons dit sur le grenats, § 244). De tout cela nous concluons que les caractères des roches magnésiennes et des substances qu'elles renferment communément, ne répugnent pas du tout à leur origine ignée.

Digitized by Google

CHAPITRE XLIV.

Réflexions générales sur les porphyres.

§ 269. On a donné le nom de porphyre aux roches composées d'une pâte principale, compacte, dans laquelle sont implantées et pour ainsi dire empâtées d'autres substances cristallisées en forme tantôt régulière, et tantôt indéterminée. Ces substances sont communément les feld-spaths ; mais on y voit encore assez souvent les micas, les quartz, les amphiboles, les calcédoines, etc. La différence qu'il y a entre le granit et le porphyre, consiste donc en ce que dans le premier, les parties sont unies au moyen d'une adhérence réciproque produite par une cristallisation contemporaine; tandis que dans le second, on remarque une pâte qui joint ensemble les divers composans. Cependant ces roches se confondent quelquefois l'une avec l'autre, par des passages insensibles, en sorte qu'il est impossible d'assigner entr'elles une ligne de démarcation ; et il arrive souvent qu'on doute si tel ou tel morceau appartient à la classe des granits ou à celle des porphyres. Si dans un porphyre, les feld-spaths, les micas, les quartz, etc., sont si copieux qu'ils puissent prévaloir

sur la pâte qui les unit, et la dérober à nos sens, ce porphyre semblera un granit : au contraire si dans un granit, il y a quelque élément qui prédomine sur tous les autres, on pourra confondre ce granit avec le porphyre. C'est à cause de cela, que Dolomieu dans son *Mémoire sur les roches composées*, a dit qu'en géologie, toutes les fois qu'on traite des porphyres, il convient de les considérer comme appartenant au même système de formation que les granits. Parmi les porphyres, a figuré long-temps cette belle roche dite porphyre orbiculaire de Corse (Voy. § 51), dans laquelle on remarque des taches globuliformes, qui ont depuis un jusqu'à trois pouces de diamètre, et dont l'intérieur est composé d'une substance qui, au premier aspect, paroît un feld-spath de couleur de rose pâle, disposé en rayons qui sont des ébauches de cristaux terminés en pointes aiguës, et divergentes du centre à la circonférence : mais M.r Monteiro a démontre (Voy. *Journal des mines*, mai et juin 1814), 1.° que cette pierre est composée de feld-spath et de quartz chargé de fer à divers degrés d'oxidation ; 2.° que sa structure est très-différente de celle du porphyre ; et à cause de cela, il propose de l'exclure de la classe des porphyres, et de lui donner le nom imaginé par Haüy, savoir, celui de *pyroméride globuleux*, pour indiquer que l'un de ses élémens

(le feld-spath) est fusible, tandis que l'autre (le quartz) n'est point altéré par le feu.

§ 270. Quelques naturalistes ont voulu rechercher si les feld-spaths, les quartz, les micas et les autres substances qu'on trouve dans les porphyres, sont des cristallisations formées antérieurement et enveloppées depuis dans la pâte porphyritique, ou si ces substances ont résulté de la réunion de leurs parties à l'époque de la consolidation de la masse qui les renferme. Dans beaucoup de porphyres, on observe des feld-spaths régulièrement cristallisés, avec des angles et des arêtes vifs et bien déterminés, quoiqu'ils soient enveloppés et comprimés en tous sens par la pâte, de sorte qu'en les détachant de cette pâte, ils y laissent leur empreinte en forme d'alvéole. Les cristallisations régulières exigent un espace dans lequel les parties de la matière qui doit se cristalliser, puissent se rapprocher librement, et soient pendant quelque temps en équilibre et comme suspendues. Dans la consolidation d'une roche compacte et unie, comme sont les porphyres, il paroît difficile d'admettre une combinaison assez favorable pour que les autres matières que contient la roche, puissent se cristalliser sans qu'il survienne la moindre altération dans la régularité des faces et des angles des cristaux qui se forment. On peut donc croire que les substances contenues dans les

porphyres, se sont cristallisées avant la consolidation de la roche qui les a enveloppées, mais il faut réfléchir que quand les roches porphyritiques étaient encore dans l'état de fluidité ou de mollesse, plusieurs cristallisations pouvaient se former au milieu d'elles, et que plusieurs séparations de substances pouvaient aussi avoir lieu, comme nous le dirons ailleurs et principalement lorsque nous traiterons des cristallisations renfermées dans les laves. Nous nous bornerons pour le moment à rappeler à la mémoire des lecteurs ce que nous avons dit dans le § 230 et suiv. Si les molécules élémentaires des quartz, des feld-spaths, etc., étaient répandues dans la masse porphyritique encore molle, l'attraction qui règne entre les parties similaires, pouvait obliger ces molécules à se dégager du reste de la masse et à se cristalliser séparément.

§ 271. Quoiqu'en Europe le porphyre soit moins abondant que le granit, il est toutefois assez fréquent sur la superficie du globe. Patrin l'a trouvé dans la chaîne de l'Ural et du petit Altai entre l'Ob et l'Irtisch. Il y a en France, diverses chaînes de montagnes porphyritiques dont l'une des plus intéressantes est celle qu'on voit entre Lion et Clermont, et qui embrasse les contrées de S.t Just, de Rohanne et de Thyers. Les porphyres abondent en Saxe, en Bohême, en Hongrie; et les mines de Schemnitz sont

contenues dans un porphyre argileux. Dans l'Italie supérieure, les roches de porphyre forment des montagnes autour du lac de Lugano, et une série de collines qui s'étendent depuis le lac Majeur (1) jusqu'à celui d'Orta. Le désert qui existe entre le Nil et la mer Rouge, selon M.r De Rosières, savant minéralogiste français de l'expédition d'Égypte, est riche en porphyre, semblable à celui que les lapidaires appellent *porphyre rouge antique*. En parlant des diverses contrées porphyritiques, je ne dois pas passer sous silence celle, qui, dans l'île de Corse, s'étend depuis le golfe de Galeria jusqu'à celui de Porto, au nord d'Ajaccio, passant par le mont Rosto, et renfermant Girolata et Curzo. Au milieu de ce système de roches porphyritiques de diverse espèce, on voit des filons de 15 à 20 pieds de grosseur, de cette roche connue sous le nom de *porphyre orbiculaire* de Corse, et dont nous avons déjà parlé (Voy. § 269). Ces filons presque verticaux sortent de la terre et s'élèvent ainsi que des murs,

(1) Le grand colosse de bronze de Saint Charles d'Arona, haut de 66 pieds, non compris le piédestal qui a 46 pieds d'élévation, repose sur une colline de porphyre qui contient outre les feld-spaths, plusieurs particules quartzeuses. Les feld-spaths se décomposent facilement et laissent de petites taches blanches farineuses; les quartz résistent davantage à la décomposition, mais ils perdent leur transparence. De la décomposition de ce porphyre, résulte un sable siliceux qu'on trouve dans la partie voisine de la plage du lac.

à une hauteur de 9, 18 et 30 pieds. Les porphyres forment communément des masses continues; mais quelquefois, bien qu'assez rarement, ils présentent la structure stratifiée. Saussure dans le § 1459, parle de couches de porphyre bien décidées, bien suivies, planes et verticales, qu'il a observées dans le lieu appelé l'hermitage de S.[t] Honorat près de Fréjus.

§ 272. Dans quelques écoles, on distingue plusieurs espèces de porphyres, selon la diverse nature de la base qui renferme les substances, savoir, porphyre à base argileuse, — petro-siliceuse, — feld-spathique, — siénitique, — de pechstein, — d'obsidienne, — de perlstein, etc.; et le savant géologue Reuss dans sa *Géognosie*, admet plusieurs formations de porphyre: l'une très-ancienne, contemporaine de celle des gneiss, et par conséquent des granits, puisqu'il est présumable, comme nous l'avons déjà dit, que ces deux roches, lorsqu'elles gisent dans une même contrée, se sont formées simultanément. L'autre formation plus moderne, superposée aux montagnes schisteuses, Reuss la subdivise en deux autres formations. Cet auteur penche en outre à supposer une troisième formation porphyritique encore plus récente qu'il subdivise aussi en deux; et il soupçonne qu'il pourrait bien y en avoir une autre qu'il qualifie de *nouvelle*, savoir, celle des obsidiennes et des pierres ponces. Sans entrer

dans une discussion beaucoup trop compliquée à cause de tant de diverses époques de formations, qui, fondées sur quelques observations, peuvent être contredites par d'autres, il me paroît que tous les porphyres, quelles que soient leur espèce et leur variété, peuvent être réduits à deux grandes classes, savoir, la classe des formations primitives, et celle des formations récentes. J'appelle *formations récentes*, celles qui ont eu lieu sur le globe à diverses époques, mais postérieurement à la consolidation d'une partie de la superficie terrestre, et à la formation de la mer. Les porphyres primitifs seront ceux qui se trouvent associés avec les roches primitives, et auxquels par conséquent nous assignerons une origine commune. Les porphyres plus récens pourront être subdivisés; ces roches qu'on a appelées porphyritiques et qui couvrent les derniers dépôts de la mer et quelquefois encore les terrains d'alluvion, nous les regarderons comme des laves des plus anciens volcans : quant aux autres qui sont intercalées dans les roches de transition ou secondaires, elles auront été formées, ainsi que nous l'expliquerons bientôt, dans le sein de la mer primitive, et par le concours de la chaleur interne du globe.

Digitized by Google

CHAPITRE XLV.

Il est très-probable que les porphyres primitifs sont le produit d'une fluidité ignée originaire.

§ 273. Si nous voulons avoir une idée de la formation des porphyres, qui, par leur gisement et par les circonstances géognostiques, sont indubitablement contemporains des gneiss et des schistes micacés, observons comment ont été produits, et comment se produisent encore sous nos yeux, quelques porphyres des formations récentes. Ce que nous connoissons doit servir à nous faire juger de ce que nous ne connoissons pas, et l'analogie est la source féconde de la plupart des vérités physiques que nous possédons. Dolomieu dans le *Catalogue raisonné des laves de l'Etna*, pag. 214, décrit une lave porphyritique d'un fond vert-grisâtre, avec des taches blanches, d'un grain sec, fin et serré, de cassure conchoïde, et d'une dureté semblable à celle du jaspe; les taches sont formées par des cristaux oblongs, quadrilatères, rhomboïdaux de feld-spath. Cette lave très-compacte ressemble à quelques porphyres mis en œuvre qu'on voit dans les monumens antiques de Rome. Dans l'ouvrage précité, on trouve

la description de 25 variétés de laves porphyritiques, plus ou moins susceptibles de recevoir le poli, analogues aux porphyres, d'un grain fin, semblable à celui du petro-silex et de cassure conchoïde. La 3.ᵉ et la 4.ᵉ de ces variétés méritent surtout une attention particulière. La 3.ᵉ qu'on voit aux environs de Licodie, est susceptible de recevoir un beau lustre; sciée selon les tranches des cristaux du feld-spath, elle imite parfaitement ce porphyre que les lapidaires ont appelé. *serpentin noir antique*, et l'on pourrait l'employer dans les arts. La 4.ᵉ variété configurée en superbes colonnes prismatiques pentaèdres et hexaèdres, rend un son clair semblable à celui du bronze (1). Dans ses *Essais de géologie*, tom. 2, part. 2, M.ʳ De Faujas décrit plusieurs laves porphyritiques de diverses contrées. Nous nous bornerons à citer celle de l'île des Salines près le village d'Amalfa, et dont il est parlé à la page 446. La pâte de cette lave est fine et compacte, à fond d'un brun foncé-violâtre, avec une multitude de petits cristaux de feld-spath d'un blanc un peu grisâtre, bien prononcés, très-rapprochés les uns des autres, et configurés les uns

(1) Les porphyres de la montagne de Donnersberg en Bohême, sont aussi sonores. Analysés par Klaproth, ils ont donné 8,10 de soude, et comme cet alcali a été trouvé par Kennedy dans les laves et dans les basaltes, sa présence pourrait donner lieu de conjecturer l'origine volcanique des porphyres sonores du Donnersberg.

en rhomboïdes, d'autres en parallélipipèdes plus ou moins réguliers, et plusieurs en grains de forme ovale, et même arrondie. Cette lave porphyroïde est très-attirable et susceptible de recevoir un beau poli.

§ 274. Humboldt a observé que dans la Cordilière des Andes, on voyage des mois entiers sans voir l'ardoise, le schiste micacé, le gneiss, et surtout sans trouver aucune trace de granit. Dans cette contrée, le porphyre s'élève jusqu'à la hauteur de six mille mètres (Voy. la *Lettre de Humboldt écrite de la capitale du Mexique à l'Institut de France*, dans le tom. 3 *des Annales du Musée d'histoire naturelle*), et il y a de puissans motifs de croire que ces porphyres ont été produits par ces immenses volcans dont la force et l'énergie surpassent celles des volcans que nous connoissons en Europe [1], et que dans leur origine, ces mêmes porphyres ont été de véritables laves qui ont couvert les granits qu'on n'aperçoit que dans les vallées et dans les endroits les plus bas. En effet, Humboldt dit que le porphyre

(1) Les mugissemens souterrains du Cotopaxi dans l'éruption de 1744, furent entendus jusqu'à la distance de 220 lieues. En Europe, nous n'avons point d'idée d'une pareille intensité d'action des volcans. Quelques-uns de ceux d'Amérique, selon Humboldt, sont cinq fois plus grands que le Vésuve. Si l'Etna a vomi des laves de cent milles carrés de superficie, quelle immense quantité de matière n'aura-t-elle pas pu dégorger des bouches volcaniques d'Amérique ?

est le siége du feu volcanique, et en décrivant les substances qu'il renferme, il cite le feld-spath vitreux, l'olivine, la cornéenne (amphibole). Si le porphyre accompagne constamment les volcans d'Amérique, et si les substances qu'il renferme sont les mêmes que celles qu'on observe quelquefois dans les laves, il est naturel de penser que les immenses amas de porphyre qui existent dans les montagnes de l'Amérique méridionale, sont l'ouvrage du feu de ces extraordinaires volcans.

§ 275. Il est vrai que Humboldt alors prévenu d'autres principes, croyait que les roches porphyritiques avaient une existence antérieure à celle des éruptions volcaniques; mais la raison qu'il donnait pour se dispenser d'attribuer à ces roches, une origine volcanique, nous paroît bien plus favorable à l'opinion contraire, qu'à celle qu'il soutenait. Il se fondait sur la quantité de pierres obsidiennes contenues dans ces porphyres; mais les volcans des îles Éoliennes ont fourni et fournissent beaucoup de verre parfaitement semblable à l'obsidienne, et tel que celui qu'on trouve en si grande quantité dans les volcans des îles du sud, visitées par Cook; et il n'est personne qui ne connoisse le verre noir compacte des volcans d'Islande. Il semble que Humboldt regardait comme impossible le phénomène d'un courant de lave vitreuse; mais une pareille lave ne

diffère de toutes les autres que par l'apparence d'une parfaite vitrification. George Mackensie trouva près de l'Écla, un courant d'obsidienne (Voy. *Monthly repertory*, décembre 1812). La Billardière (Voy. *Voyage à la recherche de la Pérouse*) parle de grosses masses de verre noirâtre, très-compacte et semblable à celui des bouteilles, qu'on rencontre sur le dos du Pic de Ténériffe, où Cordier a encore reconnu deux courans de lave vitreuse (Voy. *Journal de physique*, tom. 57, pag. 57). Ferrara dans la *Minéralogie sicilienne*, § 6, dit avoir trouvé des amas de verre noir parmi les anciennes laves de Palagonie. La grande masse de lave sur laquelle est fondée la ville de Lipari, est presque entièrement vitreuse; et Spallanzani (Voy. *Voyage aux Deux Siciles*, tom. 2, chap. 15) observe que le mont de la Castagna, dans la même île de Lipari, lequel a plus de 4 milles de circonférence, est entièrement composé d'émaux et de verre avec quelques courans continus de verre, en sorte que ce mont, le *Champ blanc* et les lieux adjacens qui s'unissent ensemble, forment une masse vitrifiée de 8 milles de circonférence. Le docteur J. Home qui visita les îles de Lipari avec M.r Hall, assure y avoir vu un courant d'obsidienne dans l'éruption du volcan de 1775. Dans cette course, ils rencontrèrent Dolomieu, et s'étant réunis tous trois pour aller examiner

un courant qu'ils jugeaient de loin être une lave ordinaire, lorsqu'ils en furent près, il reconnurent à leur très-grande surprise, que cette lave était entièrement composée d'obsidienne et de pierres ponces mêlées ensemble. L'obsidienne était partagée en grandes masses, et renfermait çà et là des taches blanches; et la pierre ponce qui offrait beaucoup de variétés, avait évidemment couru avec l'obsidienne, et occupait la partie supérieure du courant qui était sorti du cratère par plusieurs ouvertures, et s'étendait sur une largeur de deux milles et demi dans une longueur de trois milles (Voy. *Bibl. brit.*, janvier 1815). La présence du verre ou de l'obsidienne dans les porphyres d'Amérique forme donc par elle-même un indice très-fort de l'origine volcanique de ces porphyres.

§ 276. De Luc dans les observations sur les volcans et les laves, rapportées dans le *Journal des mines*, n.° 95, assure avoir examiné quelques échantillons des roches appelées porphyritiques par Humboldt, lesquels provenaient du volcan de Tunguragua, et les avoir reconnus pour être des produits volcaniques. Enfin Humboldt lui-même, de retour en Europe, changea de sentiment, et écrivit à M.r De Faujas (Voy. Faujas, *Essai de géologie*, tom. 2, pag. 450): « Je suis » tout-à-fait de votre avis que les volcans pro- » duisent des substances porphyritiques et que

» le globe a eu jadis des révolutions volcaniques » différentes de celle d'aujourd'hui.» Non content de cela, dans la *Relation historique du voyage*, tom. 1, pag. 163, il a écrit avec cette loyauté qui est propre au véritable philosophe, qu'une étude plus approfondie de la nature, de nouveaux voyages et des observations faites sur les produits des volcans en activité, ont changé ses idées, et qu'il lui semble aujourd'hui très-probable que les obsidiennes et les porphyres à base obsidienne, soient des masses vitrifiées dont le refroidissement a été trop rapide pour qu'elles aient pu se changer en laves vitreuses.

§ 277. Quelques géologues parlent d'un porphyre à base de *perlstein*. Mais quelle est donc la substance à laquelle on a donné ce nom? Si nous consultons les analyses chimiques, nous y trouverons à peu près les mêmes élémens qui sont dans les substances volcaniques, savoir, la silice, l'alumine, l'oxide de fer, la potasse, etc.: et tous les échantillons de *perlstein* que j'ai eu occasion d'observer, m'ont paru à leurs caractères externes, être de purs et simples produits volcaniques plus ou moins vitrifiés; en sorte qu'on sera forcé de convenir qu'Haüy a eu bien raison de supprimer le nom insignifiant de *perlstein*, et de substituer celui de lave vitreuse avec les épithètes obsidienne, — émaillée, — perlacée, — pumicée, — capillaire, etc., selon les caractères

externes de la pierre qu'on veut désigner. Il faudra sans doute employer quelques paroles de plus; mais le langage aura plus d'exactitude, les substances seront mieux décrites, et l'on déterminera avec plus de précision les variétés qui dépendent des divers degrés de vitrification et de boursouflement. J'ai examiné une collection de *perlstein* qui existe dans le cabinet de l'administration des mines du Royaume Lombardo-Vénitien, et qu'on a envoyée d'Allemagne avec une nomenclature faite par un savant minéralogiste, et j'ai vu qu'on donnait le nom de *perlstein* à des morceaux de lave vitreuse obsidienne, à quelques laves identiques avec un grand nombre de celles des champs Phlégréens, lesquelles ont un léger vernis comme d'émail, et enfin aux pierres ponces blanches, à grain vitreux, de texture fibreuse, et entièrement semblables à celles de l'île de Lipari. L'origine volcanique du *perlstein* fut reconnue par Fichtel, qui, sous le faux nom de zéolite, lui assigna la place qu'il devait avoir parmi les produits volcaniques. L'opinion de ce géologue a été rejetée par beaucoup d'auteurs allemands, mais ce ne sera pas là le premier exemple d'une erreur substituée à une vérité. J'avoue mon ignorance; je ne puis concevoir comment le verre et la pierre ponce qui n'est qu'un verre extrêmement boursouflé, pourraient

se former dans l'eau (1). Rien de si intéressant que les observations faites par De Buch, sur quelques échantillons qui provenaient de l'île de Lipari, et faisaient partie de la précieuse collection de Thomson. De ces observations rapportées dans le *Magasin des curieux de la nature*, de Berlin, année 1809, il résulte, 1.° que la pierre ponce est non-seulement un produit de l'obsidienne, et que vraisemblablement elle procède de celle-ci, mais qu'elle forme de véritables courans (2); 2.°

(1) Dans l'histoire des volcans d'Islande, on lit le fait suivant : En 1783, vers la fin de janvier, à la distance d'environ 30 milles du cap Reikianes, parurent sur la mer des flammes qui durèrent plusieurs mois; dans cet intervalle de temps, on vit surnager une grande quantité de pierres ponces et de scories que les vagues poussèrent sur les plages voisines (Voy. *Bibl. brit.*, janvier 1815). Lorsqu'une masse d'obsidienne est exposée à une chaleur un peu forte, elle se gonfle, bout et se change en pierre ponce. On peut de cette manière faire des pierres ponces artificielles qu'il serait difficile de distinguer des pierres ponces naturelles. Indépendamment de ces raisons, et bien qu'autour de plusieurs volcans actifs, on trouve de grands amas de pierres ponces, on a cru, en changeant le nom de pierre ponce en celui de *perlstein*, pouvoir répandre des doutes sur la véritable origine de cette substance, et renforcer ces doutes par l'expression *pseudo-volcanique*, qui me paroît signifier *faussement attribuée aux volcans*.

(2) Long-temps avant Thomson et De Buch, Dolomieu et Spallanzani avaient écrit que beaucoup de pierres ponces de Lipari avaient coulé comme les laves, quoiqu'il y en ait néanmoins plusieurs qui ont été lancées par le volcan en morceaux détachés. A cette seconde classe, appartiennent celles qui sont un objet de commerce, et qu'on trouve en masses qui ont ordinairement la forme sphéroïdale, et sont unies ensemble, mais sans adhésion.

que l'obsidienne n'est pas une substance rejetée par la force explosive du volcan, et d'une formation antérieure, mais que c'est une masse qui a été fondue, une véritable vitrification; 3.° que le *perlstein* est une variété de l'obsidienne.

§ 278. Nous pouvons donc conclure que les roches porphyritiques dont nous connoissons l'origine avec cette certitude qui peut convenir aux notions physiques, ont été produites par l'action du feu, et que par conséquent l'idée de la fluidité ignée ne répugne point aux caractères de cette substance pierreuse. Je ne dirai pas que les porphyres, qui, dans les montagnes primitives, se trouvent associés aux gneiss et aux autres roches de cette formation, soient sortis en forme de lave, des bouches des volcans; je dirai seulement que les parties qui composent cette substance pierreuse, sa structure et ses caractères sont tels qu'elle a pu avant sa consolidation, participer à la fluidité ignée, de la même manière que nous l'avons remarqué en parlant des autres roches primitives.

Digitized by Google

CHAPITRE XLVI.

Des roches trappéennes primitives.

§ 279. Ce que nous avons dit du porphyre, nous pouvons l'appliquer en grande partie au roches de trapp, nom qui a produit beaucoup de confusion en lithologie, ayant été donné par plusieurs auteurs, à des substances différentes les unes des autres non-seulement par leurs caractères, mais encore par leur gisement. Les Suédois qui furent les premiers à introduire cette dénomination, qui dans leur langue, signifie *escalier*, l'appliquèrent à une roche qui se divise en prismes, de sorte que ses couches horizontales forment comme autant de degrés, quand le nombre des prismes des couches supérieures est moindre que celui des couches inférieures. Dans les monts Westrogothiques de la Suède, sur le granit qui en forme la base, il y a un calcaire secondaire coquillier, et sur celui-ci, une arénaire couverte par une roche prismatique de trapp. Dans quelques endroits, entre l'arénaire et le trapp, on voit un schiste bitumineux (1). Il est donc évident que les trapps de

(1) Ce que nous disons ici sur le gisement des trapps dans les monts de la Westrogothie, est tiré du Mémoire du célèbre

cette contrée n'appartiennent point à la formation primitive, mais qu'ils sont le produit des formations récentes qui se sont opérées à la superficie du globe après sa consolidation. Malgré cela, les géologues ont encore donné le nom de trapp, à quelques roches qui se trouvant associées aux gneiss et aux schistes, doivent être contemporaines de ceux-ci. Quelle idée devrons-nous donc nous former de cette pierre ? Tâchons d'éclaircir nos doutes dans les auteurs qui se sont expliqués avec plus de clarté.

§ 280. Saussure au § 1945, définit le trapp, une pierre composée de petits grains de nature diverse confusément cristallisés, renfermés dans une pâte, et quelquefois unis entr'eux sans aucune pâte distincte, et sans qu'on y voie des cristaux réguliers, à moins que ce ne soit rarement et par accident. Cette définition rapproche le trapp, des granits et des porphyres, roches auxquelles il passe quelquefois. Si donc l'on veut,

---

Bergman *Sur les produits volcaniques*, publié à Florence avec les notes de Dolomieu, pag. 64. C'est inutilement que pour éclaircir ce passage de Bergman nous avons consulté le *Voyage en Norvège et en Laponie* de M.r De Buch : il n'y est fait aucune mention du trapp, et il paroît que la roche indiquée par Bergman sous cette dénomination, est celle que De Buch appelle *graustein basaltique*. De Buch, en excluant le terme de trapp d'un ouvrage consacré à la description des roches d'un pays où ce terme a pris naissance, a peut-être voulu nous avertir qu'il serait temps de l'exclure aussi de la géologie.

Digitized by Google

d'après Saussure, se former l'idée d'un trapp, il suffira d'imaginer un porphyre, mais sans cristallisations régulières visibles, ou encore un granit dont les parties soient si petites qu'on ait de la peine à les reconnoître à l'œil. Mais comme Saussure écrivait à une époque où l'étude de roches n'était pas encore parvenue à ce degré de développement auquel elle à été portée par les travaux de l'illustre Werner, consultons les auteurs qui se sont occupés du même objet postérieurement au célèbre genévois. Il est à remarquer que plusieurs géologues français ont mêlé la doctrine des trapps avec celles des roches de corne [1], dénomination qui heureusement commence à être rejetée dans les écoles. Patrin dans l'*Histoire naturelle des minéraux*, tom. 1, pag. 125, définit le trapp, une roche d'une couleur noirâtre plus ou moins foncée, de formation primitive, contemporaine des porphyres et des dernières couches du granit, et composée des mêmes élémens que celui-ci, unis sous la forme de petits grains presque imperceptibles, et mêlés

(1) Il ne faut pas confondre la roche de corne des Français, avec le hornstein des Allemands, qui, par cette seconde dénomination, veulent indiquer le silex et le petro-silex. L'épithète de *cornéen* (*horn*), dont les minéralogistes allemands font un fréquent usage, est attribuée à des fossiles de nature fort différente, par exemple, *hornblende* (amphibole), *hornbley* (plomb corné ou muriatique), *hornerz* (mine cornée, argent muriatique d'Hauy) etc.

avec la matière du schorl noir (amphibole) de laquelle résulte la couleur noire. Puis à la pag. 129, il ajoute que la roche de corne est une roche primitive, composée ainsi que le trapp, des mêmes élémens que le granit, et dans laquelle abonde le schorl (amphibole) qui lui communique une couleur gris obscure, quelquefois noirâtre. Tous les élémens dont se compose la roche cornéenne, sont dans un tel état de division, qu'ils forment une pâte égale, continue, où l'on n'aperçoit aucune molécule distincte.

§ 281. Brongniart dans la *Classification minéralogique des roches mêlées*, forme l'espèce 22.e de la *trappite* qu'il rapporte au genre des roches qui ont pour base l'amphibole; et Brochant dit que les trapps primitifs sont composés d'amphibole souvent mêlé de feld-spath ou plus rarement de mica et de quelques autres substances, principalement de pyrites, ce qui les distingue des autres trapps non primitifs. Aux trapps primitifs, se rapporte d'après beaucoup de géologues, le porphyre vert (ophite de Brongniart), roche qui a pour base un mélange d'amphibole et de feld-spath si intimement unis ensemble que l'œil ne peut les distinguer. Sa couleur varie entre le vert de poireau, le vert d'olive et le vert de pistache; et sa texture est compacte, souvent écailleuse. Cette roche renferme de grands cristaux de feld-spath, colorés en vert, tirant quelquefois

sur le blanc, et qui parfois sont cruciformes. On ignore de quel lieu les anciens tirèrent cette belle pierre, et il est à observer que parmi les cailloux erratiques de la plaine de Milan, on trouve fréquemment une espèce de roche qui est très-ressemblante à celle dont nous venons de parler, avec cette seule différence que les feld-spaths sont blancs. On ignore aussi le gisement de celle-ci; il est présumable qu'elle provient de quelque endroit des Alpes.

§ 282. Le célèbre et infatigable Faujas qui a rendu tant de services, et des services si importans à la géologie, en l'enrichissant de nouveaux faits, et en ajoutant à son lustre, l'éloquence de ses écrits, s'est fort occupé de la question des trapps dans plusieurs mémoires imprimés à diverses époques, mais particulièrement dans ses *Essais de géologie*, tom. 2, pag. 264; et en dernier lieu, dans un opuscule inséré dans le tom. 19 des *Annales du Musée d'histoire naturelle*, et publié séparément sous le titre d'*Histoire naturelle des roches de trapp*. A la page 12 de cet écrit, il dit que les trapps compactes, d'apparence homogène, sont des substances pierreuses plus ou moins dures. Leur pâte d'une consistance ordinairement douce au toucher et légèrement écailleuse, est quelquefois granuleuse dans certaines variétés, mate dans d'autres, d'apparence homogène, fine, mais en même temps dure,

sans faire feu avec l'acier, si ce n'est dans quelques cas particuliers. Sa couleur varie également depuis le noir le plus intense jusqu'au noir le plus foible et passant au gris. On trouve aussi des trapps d'un noir bleuâtre, d'un noir rougeâtre et d'un noir jaunâtre, en raison des divers degrés d'oxidation du fer que ces trapps renferment. Les modifications de leur principe colorant les fait même passer quelquefois à la couleur verdâtre et même à la couleur verte. Leur trituration donne une poussière presque blanche. L'action de l'air les décolore dans certains circonstances sans altérer leur dureté. Le barreau aimanté agit sur le trapps en général lorsqu'ils n'ont point subi d'altération, fortement dans quelques variétés, foiblement dans d'autres, et nullement dans quelques cas particuliers.

§ 283. Lorsqu'en 1811, je publiai l'*Introduction à la géologie*, j'annonçai que je regardais les trapps primitifs comme des roches amphiboliques, en quoi mon opinion était conforme à la doctrine wernérienne; et leurs caractères extérieurs décrits par Faujas avec tant d'exactitude et de précision, ne s'opposaient certainement pas à cette proposition. Malgré cela, dans l'opuscule précité, M.r De Faujas me fait un grave reproche, en disant que si j'avais examiné avec attention, la disposition et la nature des trapps

d'Intra qu'on voit sur les bords du lac Verbano, à une journée de chemin de Milan, j'aurais changé d'opinion. Je ne dissimule pas que lorsque je publiai l'*Introduction à la géologie*, je n'avais que très-peu de notions certaines sur les trapps d'Intra, et celles que je pouvais avoir, m'avaient été communiquées par un savant de mes amis, M.r Amoretti (1) chez lequel j'avais observé plusieurs échantillons de cette roche. Mais depuis cette époque, désirant de me conformer aux admonitions de M.r De Faujas, je me suis transporté deux fois à Intra, savoir, en 1812 et 1813. Après avoir lu son écrit, j'étais tout disposé à changer de sentiment, si les observations que j'allais faire, me démontraient que j'étais dans l'erreur. Mais quelque soin que j'aie apporté à examiner divers filons du trapp d'Intra, cet examen m'a confirmé encore davantage dans mon opinion.

§ 284. M.r De Faujas dit qu'il n'y a point de géologue qui n'ait reconnu que les roches dans lesquelles prédomine l'amphibole, sont dans leur gisement plus particulièrement dirigées vers la ligne des granits proprement dits, avec lesquels

(1) Je ne puis nommer ce digne ami que depuis peu de temps j'ai eu le malheur de perdre, sans éprouver le besoin de répandre quelques fleurs sur sa tombe, et de rendre hommage au zèle dont il était animé pour les sciences naturelles, à sa vaste érudition et aux excellentes qualités de son cœur.

elles ont une espèce de filiation, tandis que les roches trappéennes semblent entrer plus spécialement dans le domaine des porphyres. Je ne nie point que les trapps ne gisent souvent dans le voisinage des porphyres; mais ceux d'Intra qui ont été l'occasion du reproche que m'a fait M.r De Faujas, sont précisément dans le cas contraire; en sorte qu'il y a lieu de croire qu'il n'a pas eu le temps nécessaire pour examiner avec attention cette partie de la base méridionale des Alpes. Les filons de trapp à Intra sont encaissés les uns dans le gneiss, les autres dans le schiste micacé lequel confine et est même en contact avec les granits blancs du mont Orfano, très-voisins de la grande masse de granit rouge de Baveno. Au contraire les porphyres les plus voisins d'Intra que je connoisse, sont au sud-ouest, ceux d'Arona lesquels s'étendent vers le lac d'Orta et vers Majora, et à l'est, les porphyres de Valgana qui se prolongent dans les contours du lac de Lugano. Ces deux formations porphyritiques sont beaucoup plus distantes d'Intra que les granits. Si donc, selon M.r De Faujas, le gisement voisin des granits convient aux roches amphiboliques, nous avons un premier degré de probabilité qui doit nous porter à croire que les trapps d'Intra peuvent être rangés dans la même classe que ces roches, puisqu'ils sont limitrophes des granits et à une plus grande distance des porphyres.

§ 285. Jettons un coup d'œil sur la constitution lithologique d'Intra. Son territoire est formé par un schiste micacé et quartzeux, et par le gneiss; et tant dans l'une que dans l'autre de ces deux substances pierreuses, il y a des couches subordonnées de trapp. A ce territoire sont contigus les granits blancs du mont Orfano, les calcaires primitifs de la Candoglia et d'Ornavasso, et les gneiss de l'Ossola inférieure. Lors donc que cette partie de la superficie terrestre se consolida, les diverses substances obéissant à l'impulsion de leurs affinités, se séparèrent en grandes masses; mais cette division générale et en grand ne put empêcher que quelques mélanges n'eussent lieu dans de petites extensions. Je conçois par conséquent que dans cette période une grande quantité de substance amphibolique, répandue dans la matière encore molle ou produite par une combinaison de principes, se rassembla en très-grande partie et sous la forme de filons, dans le schiste micacé; mais que de petites parties de cette substance amphibolique restèrent dans la pâte des autres roches plus voisines. Plusieurs observations viennent à l'appui de cette conjecture. Dans les granits blancs du mont Orfano, et dans le calcaire de la Candoglia et d'Ornavasso, deux espèces de roches très-voisines d'Intra, on trouve fréquemment des masses d'amphibole qui quelquefois forment des nœuds de

plusieurs pouces de grandeur dans le granit, et de petites masses ou filons très-minces de la même substance dans le calcaire. Outre l'amphibole, on y voit aussi disséminées plusieurs parties pyritiques. Celles-ci se font remarquer soit dans le calcaire, soit dans le granit blanc, et ce sont ces mêmes parties qui décomposées par l'action de l'air et de l'eau, forment ces taches de couleur de rouille qui altèrent la beauté du granit et du calcaire. Elles se montrent dans les schistes des contours d'Intra, et quelquefois encore dans la pâte des trapps où elles produisent de fréquentes taches d'un jaune-rougeâtre, lorsque la décomposition commence à attaquer quelque partie de la masse du filon.

§ 286. Observant ensuite la position des trapps d'Intra, et leur encaissement dans les schistes micacés et dans les gneiss, on reconnoît jusqu'à l'évidence la formation contemporaine de toutes ces substances. Je fis détacher plusieurs morceaux du filon de trapp qui se trouve près de la dernière cascade du torrent *Selasca*, et spécialement dans l'endroit où il confine avec le schiste micacé: parmi les divers échantillons que j'observai, il y en avait un très-intéressant dans lequel le schiste micacé est uni au trapp et coupé par celui-ci; et les deux substances sont tellement fondues et amalgamées ensemble, que quelques filets quartzeux du schiste s'insinuent dans la pâte du trapp.

En examinant avec attention ces échantillons, il est impossible de ne pas se convaincre que dans la structure lithologique de cette partie du globe, le trapp appartient au même système de formation que le schiste. Enfin si l'on examine les morceaux erratiques transportés par les deux torrens qui renferment le territoire d'Intra, savoir, du côté de Saint Jean au nord-est, et de celui de Saint Bernardino au sud-ouest, et qui descendent des hauteurs qui dominent immédiatement Intra, on peut recueillir beaucoup de fort beaux échantillons de roches amphiboliques très-bien prononcées. Si donc l'on considère le voisinage des granits et des calcaires primitifs, la fréquence des masses amphiboliques qu'ils contiennent, et la grande quantité de ces roches dans les contours d'Intra, on verra qu'il y a les plus grands motifs de probabilité pour admettre que ces trapps appartiennent à la même famille que les pierres amphiboliques, dont ils ne diffèrent en général que par la texture et le grain. Je dis *en général*, parce que parmi les échantillons que j'ai recueillis dans les filons voisins du torrent Selasca, il y en a un qui présente la texture laminaire cristalline de l'amphibole schisteux. J'ai reconnu la même apparence dans d'autres échantillons détachés de divers filons, comme d'un filon qui se trouve sur *Caprezio* près de *Le Case*, et d'un autre qui git au voisinage du pont

d'*Unchio* sur la rive du fleuve *San Bernardino* (1). On sait que l'amphibole schisteux est plus ou moins mêlé de quartz, qu'il contient souvent des particules pyritiques, et qu'il forme des couches subordonnées au schiste micacé, circonstances qui se vérifient dans le trapp d'Intra, et qu'on peut observer en particulier dans le filon qui est vis-à-vis l'habitation du jardinier de la *villa* jadis *Caccia Piatti.* Au reste les trapps d'Intra ne sont pas les seuls qui ont leur gisement dans la formation granitique : je pourrais en nommer plusieurs autres et tout récemment nous avons lu dans le *Journal de physique*, mars 1818, un article *sur la structure géognostique de la montagne de la Table*, dans lequel on dit que le long du bord de la mer, depuis Campbay jusqu'à Scapoint, on aperçoit des veines nombreuses de trapp dans le granit.

§ 287. Mais M.r De Faujas tâche de tirer avantage des analyses chimiques, en disant que les analyses les plus exactes nous font voir que les trapps les plus durs, ceux qui sont tendres et friables, ceux qui ont la texture écailleuse ou granuleuse ou compacte, ou l'aspect plus homogène, quelle

(1) Lorsque dans l'*Introduction à la géologie*, tom. 1, pag. 271, j'observai dans une note, que le trapp d'Intra ne présente dans sa texture, aucune apparence de cristallisation, je n'avais pas encore vu les échantillons dont je viens de parler, et dans lesquels on reconnoît la cristallisation filamenteuse de l'amphibole.

que soit leur couleur, fournissent les mêmes produits, et contiennent les uns et les autres sans exception la soude ou la potasse. Avant de répondre à cette difficulté, j'observerai que dans les substances cristallisées et transparentes, les espèces sont déterminées non-seulement par la forme de la molécule intégrante et par la nature des élémens, mais encore par les proportions de ceux-ci, lesquelles sont sensiblement constantes et uniformes : au contraire dans les agrégats pierreux, toutes les fois que nous voulons les rapporter à des espèces minéralogiques connues ou en former des espèces distinctes, on ne doit, on ne peut considérer que la nature des élémens et des principes qui prédominent. Les doses relatives seront toujours sujettes à varier. Quelles disparités ne présentent pas dans les proportions des parties constitutives des trapps, les analyses mêmes rapportées par M.r De Faujas? Le trapp homogène et compacte de Norberg, en Suède, contient $\frac{48}{100}$ de silice, tandis que celui également compacte de Renaison dans l'ancien Forest, en a $\frac{62}{100}$. Le trapp de Kirn contient $\frac{7}{100}$ de chaux, et celui de Renaison à peine quelque léger vestige : et si dans le trapp d'Adelfors le fer va au $\frac{22}{100}$, dans celui de Renaison entre le fer et la magnésie, il n'y a guère plus de $\frac{12}{100}$. Ignorant à quel système de formation appartiennent les trapps dont M.r Faujas a donné l'analyse, j'ai prié

M.r le professeur Moretti de faire l'analyse du trapp primitif d'Intra, et il m'a communiqué les résultats suivans: silice 49, — alumine 19, — chaux 6 : 50, — magnésie 1 : 50, — oxide de fer 12, — soude et potasse 6 : 50, — perte 4 : 5, total 100.

§ 288. Examinons maintenant les analyses de l'amphibole faites par Kirvan, Wieglebe, Hermann et Bergman; nous verrons que dans toutes ces analyses, prédomine la silice, et que les autres parties composantes sont toujours l'alumine, la magnésie, la chaux et le fer ainsi qu'on le remarque dans les trapps. Nous trouverons les mêmes produits dans les analyses de l'hornblende cristallisée, faites par Klaproth et par Langier. A la vérité dans ces analyses, on ne fait mention d'aucune substance alcaline; mais dans d'autres analyses de quelques roches amphiboliques faites par Chevreuil et Klaproth, la potasse commence à se montrer. Dans cet état de choses, j'invitai M.r Moretti que j'ai déjà cité, à entreprendre une analyse exacte de l'hornblende schisteuse de la Thuringe, dont j'avais reçu quelque échantillon de la société minéralogique de Hanau, et il obtint les produits suivans: silice 54, — alumine 20, — chaux 7, — magnésie 3, — oxide de fer, soude et potasse 4, — perte 1 — total 100. Ayant analysé une autre roche amphibolique des monts au-dessus de Dongo,

Google

près du lac de Côme, il y trouva aussi les principes alcalins. De cette analogie qui existe entre les principes constitutifs des trapps primitifs, et ceux des roches amphiboliques, dépend cette propriété commune à l'une et à l'autre de ces deux substances, savoir, d'être fusibles sans le concours d'aucun fondant, et de se convertir en verre plus ou moins noir selon la quantité du fer et ses degrés d'oxidation. Si donc nous examinons les circonstances géognostiques du trapp d'Intra que M.r De Faujas m'a invité à observer, et si nous confrontons les résultats des analyses chimiques des trapps avec ceux des analyses des roches amphiboliques, nous verrons une telle analogie entre ces deux substances, que nous ne pourrons établir en elles une véritable différence spécifique.

§ 289. Mais quelle aura pu être l'origine des trapps primitifs ? Je répéterai par rapport à cette substance pierreuse, ce que j'ai déjà dit en parlant des porphyres. Je démontrerai, en son lieu, qu'il y a de puissans motifs de croire que si les roches trappéennes dites secondaires, ont été dans l'origine de vraies laves des volcans, et qu'à ces grands agens de la nature appartiennent ces substances pierreuses qui composent la formation trappéenne, formation mystérieuse, et qu'on peut volontiers supposer s'être reproduite à tant de diverses époques, il est très-probable

que le feu a pareillement coopéré à la production des trapps primitifs de la manière que j'ai admis sa coopération dans la formation des autres roches primitives. Je ne dirai point que ces trapps ont été produits par des éruptions volcaniques: j'insiste sur ce point, afin qu'on ne m'attribue pas, comme on ne l'a que trop fait, de soutenir que les granits, le calcaire primitif (1), les porphyres, les trapps primitifs, etc., ont été des laves volcaniques. Je suis bien éloigné d'avoir cette idée, et de vouloir soutenir une pareille opinion.

---

(1) Dans la nouvelle édition du *Dict. d'hist. nat.*, ouvrage très-intéressant pour toutes les branches de l'histoire naturelle, à la page 376 du tome 17.e en parlant de la pierre calcaire rejetée par le Vésuve, on dit : « Breislak la regarde aujourd'hui » comme un véritable *produit volcanique* : il va même beaucoup » plus loin, car il pense qu'on en peut dire autant des montagnes » de marbre de Carrara. » Au § 254 de cet ouvrage j'ai rapporté ce que j'avois écrit sur cet objet dans la *Topographie physique de la Campanie.* Deux ans après dans les *Voyages physiques et lithologiques*, tom. 1, pag. 144, j'ai dit: « Les fameuses carrières de marbre de Carrara pourraient donc être » l'ouvrage du feu? *Ce n'est pas que les marbres calcaires aient* » *eu une fluidité pareille à celle des courans de lave* : mais il y » a des raisons de croire que dans l'état primitif du globe, » l'action du feu a été fort étendue. » Dans l'*Introduction à la géologie* j'ai proposé ces mêmes idées, en leur donnant le même développement qu'on peut voir dans le chap. XLI de cet ouvrage. Il suit de tout cela que je n'ai jamais regardé les pierres calcaires primitives, ni le marbre de Carrara comme des produits volcaniques. Le feu dont j'ai parlé dans mes différens ouvrages, est bien différent de celui des volcans (Voy. le § 60).

Je me borne à dire que si nous considérons les roches primitives du globe, nous verrons que leur structure et leurs caractères non-seulement ne répugnent pas à l'hypothèse d'avoir participé à la fluidité ignée, mais qu'il y a encore bien des motifs qui rendent vraisemblable cette supposition. Que si l'on demande la raison des diverses époques de formation des mêmes roches, et de leur position relative, j'observerai qu'il n'est pas démontré que la régularité qu'on veut établir dans la situation respective des roches primitives, soit aussi constante que quelques géologues le prétendent; et je me flatte d'avoir prouvé par une série de faits, que dans les grandes chaînes de montagnes (Voy. § 172), les roches primordiales sont souvent modifiées les unes par les autres. Le mouvement de rotation de la terre, les différens degrés de fluidité, la gravité spécifique des divers élémens, leur union et leurs diverses affinités soit entr'eux, soit avec le calorique, doivent avoir été les causes générales qui, là où leur cours n'a pas été troublé par des combinaisons particulières, ont déterminé la distribution des diverses parties du globe et la position de ses roches: et si l'on veut encore admettre que cette position ait été régulière et constante, je ne trouve point de difficulté à supposer que d'abord le granit se soit refroidi et consolidé, puis le gneiss, et après celui-ci les

porphyres, etc. Au plus grand degré de fluidité du globe, a du correspondre la production de la roche la plus cristallisée, et à mesure que la fluidité a diminué par l'effet du refroidissement, ont comparu les roches les moins cristallisées. Si l'on demande aux neptunistes, pourquoi le granit a été le premier à se précipiter, puis le gneiss et ainsi de suite, ils se trouveront dans un étrange embarras, et avec une pétition de principes, supposant ce qui est en question, ils diront que le menstrue qui tenait en dissolution les granits, a été le premier à se séparer, puis celui des gneiss, etc. Mais quelle était la nature de ces dissolvans? De quelle manière s'est opérée leur séparation de la masse générale fluide? Le dissolvant que nous admettons est le feu, substance connue; la manière dont il peut se séparer d'un corps, en entrant en combinaison avec quelqu'autre substance, est encore connue. Lorsqu'on est obligé de raisonner d'après des hypothèses, il me paroît qu'on doit choisir celle qui est sujette à moins de difficultés, qui est plus analogue à nos connoissances actuelles, et qui fournit des explications plus faciles et plus naturelles à un plus grande nombre de phénomènes. Nous ne devons pas non plus perdre de vue l'attraction similaire qui agit sans cesse sur les parties de la matière lorsqu'elles se trouvent dans des circonstances qui leur permettent d'obéir à

Digitized by Google

son impulsion. Cette force devait exercer son influence sur la matière terrestre lorqu'elle était dans l'état de fluidité ou de mollesse; et à cause de cela, il aura dû se former divers centres d'attraction; et beaucoup de substances de nature homogène se séparant du reste de la masse, se seront rassemblées en quantité plus ou moins considérable, dans les diverses parties de la même masse.

Il suit de tout ce que nous avons dit dans les chapitres précédens, que si nous passons en revue les diverses roches qui forment le groupe de la formation primitive, nous n'en trouverons aucune dont les caractères répugnent à l'origine ignée. Je suis bien loin de prétendre que ces roches aient été des laves de volcans; une idée si paradoxale (je le répète de nouveau) n'a jamais pu entrer dans ma tête, puisque je pense que les volcans n'existaient pas à l'époque de la première consolidation du globe. Mon opinion ne diffère donc de celle des neptuniens, qu'en ce que je crois que toute la matière a été dissoute dans le fluide igné, tandis qu'eux la conçoivent dissoute dans un fluide aqueux : et si souvent j'ai eu recours aux phénomènes des volcans et à leurs produits, ce n'a été que pour démontrer que la manière dont le feu agit peut se concilier avec les caractères des diverses roches.

FIN DU III.e LIVRE ET DU PREMIER VOLUME.

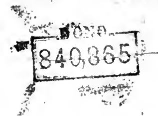

840,865

TABLE DES CHAPITRES
DU PREMIER VOLUME.

LIVRE PREMIER.

EXAMEN DE L'HYPOTHÈSE DE LA FLUIDITÉ AQUEUSE DU GLOBE DANS SON ÉTAT PRIMITIF.

LIVRE II.

DE LA FLUIDITÉ IGNÉE PRIMITIVE DU GLOBE.

LIVRE III.

DES SUBSTANCES PIERREUSES QUI SE SONT CONSOLIDÉES INDÉPENDAMMENT DU CONCOURS DE L'EAU.

FIN.

2733

Digitized by Google

LEGATORIA DI LIBRI
ALBERTO COZZI
Via Parione N. 10 - FIRENZE



B.N.C. - FIRENZE
B.7.3.117



Digitized by Google